SEPTIMA EDICION

Canalizaciones Eléctricas Residenciales

OSWALDO PENISSI

CAPITULO I

LAS CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

1.1. LINEAMIENTOS GENERALES Y RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS.

Según su acepción la palabra canalización significa la acción o efecto de canalizar, y por esta acción, se entiende el hecho de abrir canales, conducir o regularizar el paso de un fluido. En nuestro caso el fluido de interés es la corriente eléctrica, la cual será conducida y llevada a los sitios requeridos para su utilización y aprovechamiento final. La vía de circulación normal de la corriente eléctrica es a través de. conductores eléctricos, formados por metales y aleaciones especiales de cobre o aluminio. Estos forman una instalación eléctrica, la cual deberá ofrecer seguridad, eficiencia, economía y accesibilidad para poder realizar sin dificultades labores de operación y mantenimiento.

Con el objeto de establecer lineamientos de diseño para lograr una canalización eléctrica, y considerando que existe una' gran variedad de criterios en el campo de los proyectos, se establecerá una metodología, que pueda ser utilizada con facilidad sirviendo de modelo para Venezuela, utilizando materiales y equipos que se producen en el país, o bien que sean de fácil localización en el mercado nacional.

Proyectar instalaciones eléctricas es un arte, el cual se puede ir perfeccionando y enriqueciendo sobre la base de la experiencia. Para lograr una preparación adecuada, el proyectista o aspirante al campo del diseño de canalizaciones eléctricas, deberá actualizar los conocimientos de las asignaturas tales como: Circuitos eléctricos I. Física, Química, Máquinas eléctricas, transformadores, Dibujo, etc.. Además es recomendable poseer conocimientos de luminotecnia a fin de determinar el número de luminarias requeridas para lograr una iluminación adecuada en el área de diseño considerada. Es necesario obtener la información preliminar para los efectos de proyectar la canalización eléctrica deseada; conocer los diferentes tipos de servicios que se instalarán en una edificación, ya sean del tipo eléctrico, mecánico, de comunicaciones, de detección o alarma contra incendios, etc..

En esta publicación se establecerá como alcance de la misma, lo relacionado con el diseño de canalización eléctrica para residencias unifamiliares, multifamiliares y sencillos proyectos de pequeñas industrias o locales comerciales. Una vez lograda esta meta el estudiante podrá, mediante el incremento de la experiencia profesional, acometer proyectos de mayor complejidad, aplicando siempre los criterios básicos ya establecidos.

Hay que aclarar que el proyectista de instalaciones eléctricas, es responsable profesionalmente de la concepción del mismo, ante los organismos oficiales relacionados con la permisología. Posteriormente durante la construcción de la obra y una vez concluida la misma, durante cierto tiempo después, sigue teniendo responsabilidad profesional, según lo establece la Legislación Venezolana y se denomina "Responsabilidad Decenal", pues es por 10 años. Cabe aclarar que si el proyectista no ha sido contratado para supervisar la construcción de la obra eléctrica, no es responsable del acabado de la misma, pero sí de su diseño.

Dentro del área de conocimientos que abarca este trabajo, no solamente se esbozarán los criterios para el diseño, sino también se expondrán elementos para supervisar o bien construir la obra eléctrica. De ahí viene la importancia y el interés del enfoque de esta materia, en la formación profesional del Ingeniero Electricista, la cual le permitirá proyectar, construir y supervisar una obra de canalizaciones eléctricas.

1.2. NORMALIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CANALIZACIONES.

Con el fin de que todas las instalaciones eléctricas que se diseñen y construyan en Venezuela cumplan con las condiciones mínimas de seguridad, tanto para las personas como para los bienes materiales, se ha elaborado el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (CEE) que rige los lineamientos de toda obra eléctrica.

El CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL fue editado por primera vez en el año 1968 por el Comité de Electricidad (CODELECTRA), la cual es una sociedad civil sin fines de lucro, integrada por empresas venezolanas y organismos oficiales pertenecientes al Sector de Electricidad y Electrónica. En 1974 la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVEEIE), crea una comisión producto de un convenio de cooperación entre el Ministerio de Fomento y CODELECTRA, llamado Comité Técnico No. 11, cuyo objetivo fue crear unas Normas Venezolanas para el Sector Eléctrico. Es así como se reconoce oficialmente el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL, habiendo sido aprobado por la Comisión Venezolana de Normas Industriales en 1981 denominada COVEEIE 200-81. Por tal motivo su uso es obligatorio en todo el Territorio Nacional. Él Decreto Presidencial No. 46 de fecha 16 de Abril de 1974 denominado Reglamento sobre Prevención de Incendios, en su artículo No. 36 establece que el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL es uso obligatorio para todo tipo de obra eléctrica. (*)

Es importante destacar que el CEE no es un manual de diseño, sino un manual de seguridad; los valores que en él figuran, son los mínimos que garantizan la salvaguardia deseada en las instalaciones eléctricas, para proteger vidas y bienes materiales.

Por encima de dichos valores se pueden asumir otros mayores que estén normalizados, o que existen en el mercado nacional (como tamaño comercial TC).

En este orden de ideas, el CEE en la Sección 90 - Introducción, expresa:
90-1. Propósito.

a) Salvaguardia. El propósito de este Código es la salvaguardia real de las personas y propiedades de los peligros que implica el uso de la electricidad.

b) Validez. Este Código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de tales disposiciones y un mantenimiento adecuado darán por resultado una instalación esencialmente libre de peligros, aunque no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para un buen servicio o para una ampliación futura en el uso de la electricidad.

   Con frecuencia se presentan situaciones de peligro por la sobrecarga de los sistemas de alambrado con usos y métodos que no están permitidos por este Código. Lo anterior ocurre porque el alambrado inicial no fue previsto para aumentos en el uso de la electricidad. Una previsión razonable de cambios en el sistema y la instalación inicial adecuada permitirán los incrementos justos en el uso de la electricidad.

c) Intención. Este Código no está destinado a servir como especificación de diseño ni como manual de instrucciones para personal no calificado.

Él CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL en su contenido establece lo siguiente:

a) Reglas para el diseño de canalizaciones eléctricas, tamaño y calibre de tuberías y conductores, así como también las especificaciones relativas a los diferentes dispositivos de protección.

b) Reglas para las especificaciones de construcción de las instalaciones eléctricas en general, y todo lo concerniente al montaje de maquinarias y equipos eléctricos.

c) Reglas elaboradas específicamente para los fabricantes de materiales, equipos y maquinarias eléctricas que se producen en el país o bien que son de uso local, aunque sea de importación. Estas se refieren a dimensiones, proceso de fabricación y controles de calidad que deben cumplir.

CODELECTRA también ha publicado en 1976, otro documento denominado "Código Nacional de Seguridad **en Instalaciones de Suministros de Energía Eléctrica y de Comunicaciones",** el cual también ha sido declarado de uso obligatorio por COVENIN y por la Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica

(CAVEINEL). Este código ha sido elaborado con el fin de cubrir los requisitos de seguridad para aquellas redes eléctricas comprendidas desde los centros de producción y el punto de entrega a los suscritores, ya sea para energía eléctrica o sistemas telefónicos.

Por su parte el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (COVENIN 200) cubre las reglas de seguridad para aquellas instalaciones que son responsabilidad del suscritor.

Existen otras reglas y normas locales, que suelen establecer los Concejos Municipales como Ordenanza Municipal, de cumplimiento obligatorio dentro del territorio de su distrito. También hay reglamentaciones locales establecidas particularmente para las instalaciones eléctricas, por las compañías petroleras, siderúrgicas o por industrias manufactureras como ensambladoras de vehículos, pertenecientes a compañías de capitales transnacionales o mixtos. Hay para concluir, otras reglamentaciones establecidas por organismos y empresas del Estado, como el Ministerio de Desarrollo Urbano, Ministerio del Trabajo CADAFE, CANTV, HIDROVEN, etc..

En el transcurso de los próximos capítulos, se hará referencia a diferentes artículos del CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (COVENIN 200), los cuales son de aplicación obligatoria, para los efectos de diseño de las canalizaciones eléctricas residenciales.

1.3. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES.

Con el fin de establecer un acotamiento dentro del sistema eléctrico nacional se hará una breve descripción del macro sistema venezolano. Dentro del conjunto de elementos que componen el sistema eléctrico nacional están en primer lugar los Centros de producción de energía eléctrica como: La Central Hidroeléctrica "Raúl Leoni" en el Guri, Macagua I, 11, José Antonio Páez, etc. Existen también centrales de generación térmica tales como: Planta Centro, Tacoa, Arrecife, La Mariposa, etc. En cada uno de estos centros de producción hay sub-estaciones de transformación que elevan la tensión generada a valores del orden de 115,230, 400 u 800 KV. Desde allí parten líneas de transmisión por las cuales circula la energía eléctrica hasta otras subestaciones de transformación que reducirán el voltaje a valores del orden de 115, 66 ó 34.5 KV. Continúan líneas de sub-transmisión hasta otras sub-estaciones en el medio rural o urbano que reducen la tensión a valores de 34.5 KV, ó 13.8 KV. Desde cada subestación de distribución habrá salidas que pueden variar en número desde uno a doce o más, conforme a las necesidades del sector de distribución. Estos circuitos de distribución denominados alta tensión son los que alimentan determinados sectores de un centro poblado ya sea urbano o rural, abasteciendo los bancos de transformación ubicados en postes, casetas o sótanos construidos para alojar los mismos. Un banco de transformación bien sea monofásico o trifásico, podrá alimentar en un medio residencial, un grupo de viviendas ubicadas en edificios, o bien distribuidas en una, dos o más hectáreas circundantes al punto de transformación. En ambos casos el servicio a un suscritor residencial será en baja tensión en 120 / 240V si es monofásico o bien, en 120 / 208V en el caso de un sistema trifásico, empleados en Venezuela por las empresas de servicio eléctrico.

En la figura N° 1 se puede observar un gráfico de un modelo de sistema eléctrico típico, donde aparecen: el sistema de distribución en alta tensión, el banco de transformación monofásico y la línea de baja tensión. Como punto final del sistema de distribución, un poste de baja tensión en el cual se encuentran los adaptadores de acometida, sitio en donde se conectan los conductores que servirán al suscritor, formando parte de la acometida eléctrica. Seguidamente la protección de conexión o entrada y luego el equipo de medición. Precisamente hasta allí, la instalación eléctrica es responsabilidad de la empresa suministradora del servicio eléctrico. A partir del medidor, la responsabilidad y mantenimiento del sistema eléctrico es competencia del abonado.

Como ya se ha establecido anteriormente, el campo sobre el cual versa este texto, Canalizaciones Eléctricas Residenciales, tiene como punto de partida, el de la entrega de la energía eléctrica por parte de la empresa de servicio. Si las redes de baja tensión existentes son aéreas, el punto de entrega será desde el poste más cercano a la vivienda o grupo residencial. En el caso de redes subterráneas, la entrega se hará en la tanquilla para baja tensión más próxima a la vivienda.

Se considera como tarea importante para la recopilación de información preliminar el que todo proyectista de canalizaciones eléctricas una vez ubicada la parcela destinada a la construcción de la vivienda, o edificio residencial, debe ubicar en el área los servicios de electricidad y teléfonos. Posteriormente debe complementar esta información de campo, con una visita al Departamento Técnico de servicio al cliente de la Compañía de Electricidad, donde obtendrá la información relacionada con el sistema disponible en el sector; si existe un sistema monofásico, trifásico, la disponibilidad de carga, etc. Si el servicio de la acometida es en alta tensión, habrá que llenar la solicitud de servicio, estableciendo la demanda estimada del conjunto residencial y formalizándose las relaciones empresa-cliente a partir de ese momento, a fin de lograr la instalación del servicio eléctrico deseado.

En la figura N° 1, también se puede apreciar la ubicación física del tablero y la salida de los diferentes circuitos que alimentarán los diversos equipos electrodomésticos que se pueden ubicar en una vivienda.

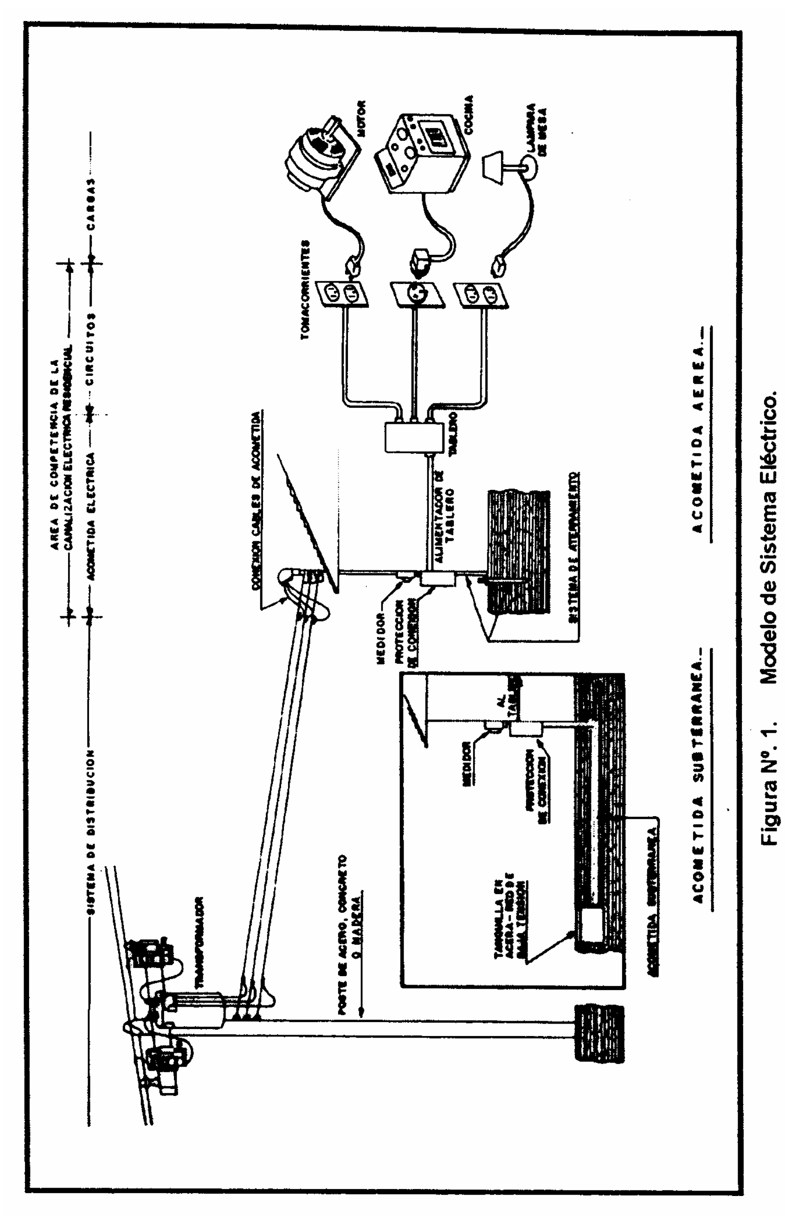


Figura Nº. 1. Modelo de Sistema Eléctrico.

La acometida eléctrica de una vivienda puede ser monofásica 2 hilos en 120V, monofásica 3 hilos en 120/24OV, trifásica 4 hilos 120/208V, conforme a las necesidades y características de la carga instalada en la vivienda.

En la figura N° 2 se presenta un esquema de la acometida eléctrica a una vivienda residencial del tipo monofásico a 3 hilos; la ubicación del medidor, tablero general y circuito secundarios que alimentan equipos electrodomésticos.

Se puede observar que en las dos figuras anteriores, está presente el aterramiento del neutro a la entrada de la vivienda, por medio de un conductor de cobre sólidamente conectado a una barra de tierra. Si no se facilita la instalación de barras o planchas para el aterramiento, se conectará el conductor de tierra a las tuberías metálicas de aguas blancas de la vivienda, En el capítulo IV y V de este trabajo se verá con más detalle la forma y los elementos requeridos para un adecuado sistema de aterramiento.

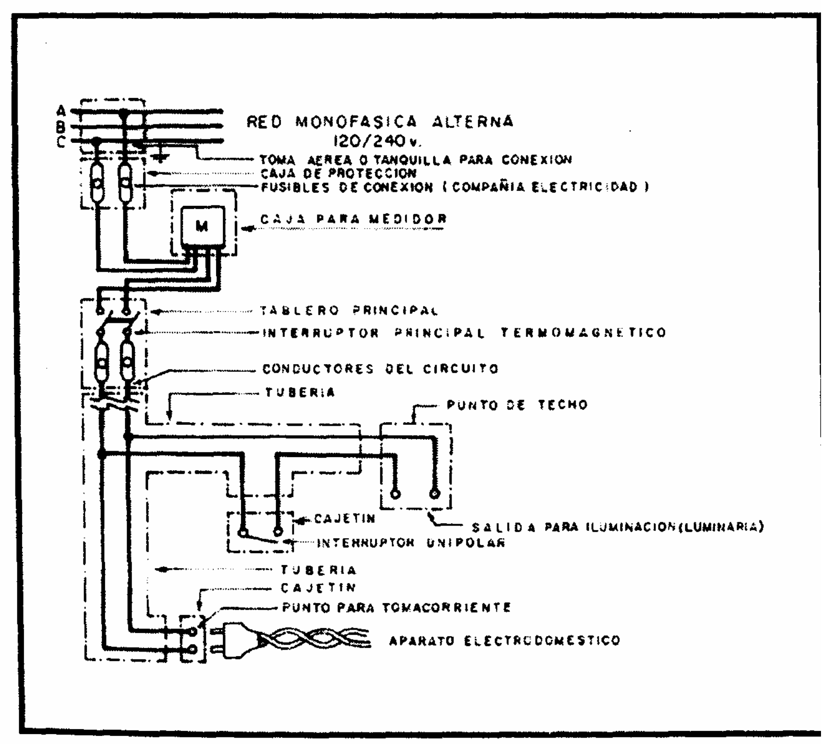


Figura N°. 2. Acometida Monofásica a 3 Hilos.

Para aquellos casos en que existan cargas trifásicas en la vivienda, tales como motores para aire acondicionado central, equipos de bombeo, sistema hidroneumático para aguas blancas, o bien porque el nivel de la demanda en KVA haga más conveniente la instalación de una acometida trifásica, se instalará una acometida a 4 hilos (120 / 208V). Se recomienda, como dato de referencia, que por encima de los 20KVA se instalen acometidas trifásicas, si hay posibilidades en el sector, para lograr una mejor distribución de la carga interna y mayor flexibilidad para el diseñó. En la figura No. 3 se puede observar un esquema de una' acometida trifásica a 4 hilos para una vivienda unifamiliar.

Una vez precisado el campo y la competencia de la materia que nos ocupa, resta en los próximos capítulos conocer los elementos componentes de las canalizaciones eléctricas residenciales, los sistemas de distribución internos, y los dispositivos de protección, El estudio de cargas será indispensable realizarlo para los efectos del diseño que se detallará más adelante en el Capítulo VIII. En el Capítulo N° IX, X, XI nos abocaremos al diseño de canalizaciones residenciales unifamiliares y multifamiliares.

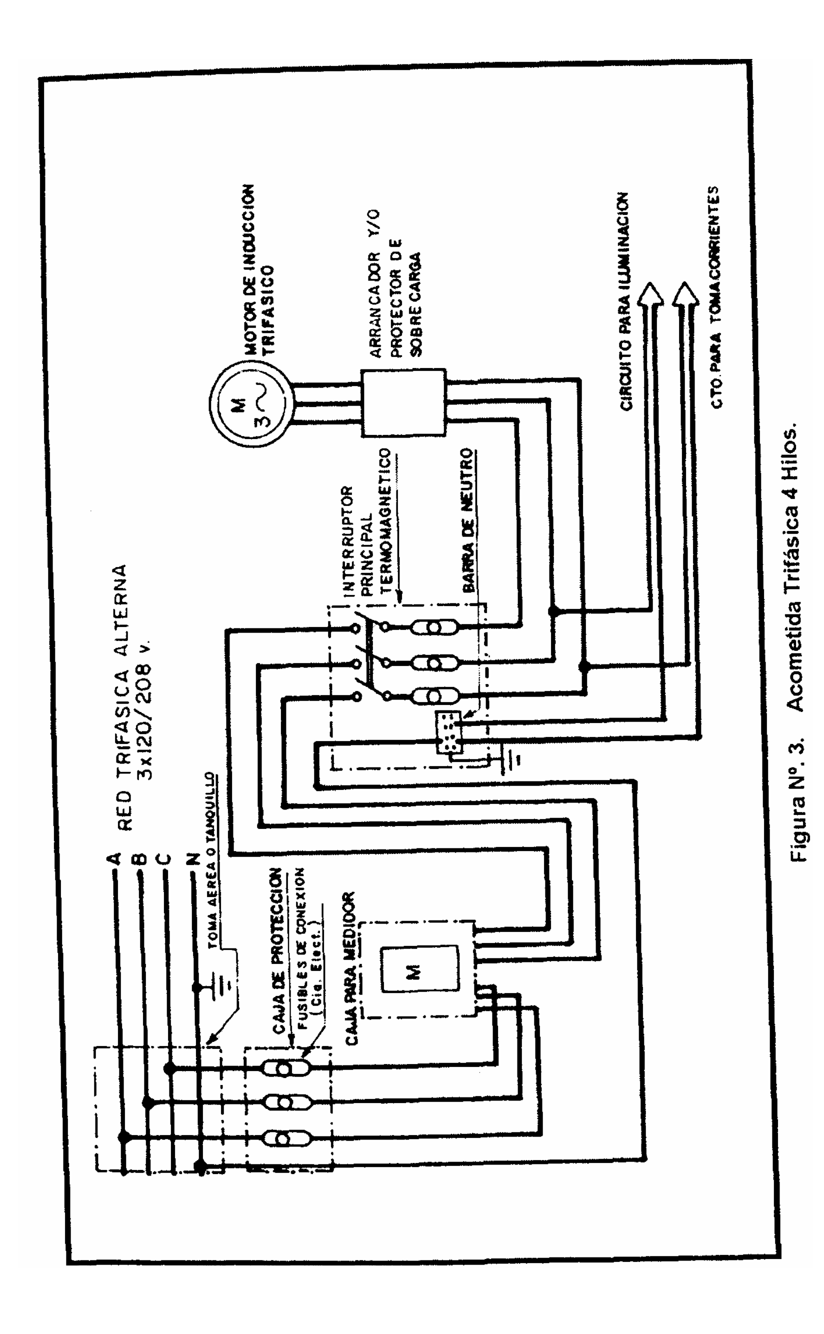


Figura Nº. 3. Acometida Trifásica 4 Hilos.

CAPITULO II

COMPONENTES EMPLEADOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

A continuación se presenta una descripción de los diferentes elementos componentes de una canalización eléctrica desde el punto de vista físico, de los materiales que se utilizan y de su existencia y posibilidades de adquisición en el mercado nacional.

Las canalizaciones eléctricas se pueden instalar en forma embutida y a la vista. Para la primera forma se utilizan tuberías metálicas livianas conocidas en el mercado como EMT o bien plástica recubierta siempre con concreto, mortero, o material de friso. En el caso de tuberías a la vista, por lo general se colocan en forma paralela o adosada a paredes y techos, ancladas a los mismos por medio de elementos de fijación tales como abrazaderas o estructuras de soporte, especialmente diseñadas para cada caso, como pie de amigo o similares. Para este tipo de instalaciones eléctricas a la vista se utilizan tuberías metálicas rígidas conocidas en el mercado como tipo "Conduit" cuyas características se describirán posteriormente.

2.2. CAJETINES, CAJAS DE PASO Y TAPAS

Tanto los cajetines como las cajas de paso son intercalados o ubicados al final de un circuito eléctrico, con el objeto de reate en ella derivaciones, empalmes de conductores eléctricos, o bien la conexión de los mismos a dispositivos de protección, maniobra, tales como interruptores para iluminación, toma corrientes, interruptores termomagnéticos, etc.

Los cajetines son pequeñas cajas metálicas o plásticas, de formas rectangulares, cuadradas, octogonales o redondas. Por lo general poseen en forma troquelada orificios con tapas de fácil remoción, para la ubicación de tuberías que serán fijadas con tuercas tipo conector a las paredes del cajetín. También dispone el cajetín en su parte frontal, de dos trozos de lámina en forma de lengüeta, perforadas para facilitar el paso de tornillos que fijarán el puente sujetador del dispositivo interruptor de iluminación, tomacorriente, o bien una tapa ciega que cubra totalmente el cajetín. En la tabla 370-6B del CEN, está indicado el volumen en centímetros cúbicos del cajetín requerido para alojar un conductor desde el N° 14 al N° 6.

Las dimensiones de cajetines más comunes, que se consiguen en el mercado de fabricación nacional son las siguientes:

Rectangular: 5.086 x 10.172 x 3.81 cm (2- x 4" x 1 ½")
Octagonal: 10.172 x 10.172 x 3.81 cm (4" x 4" x 1 I/T)
Cuadrada: 12.7 15 x 12.715 x 5.086 cm (5" x 5" x 2")

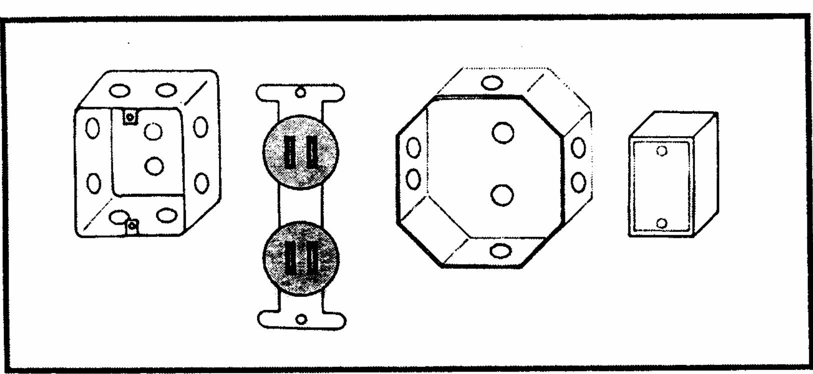


Figura N° 4. Cajetines y cajas de empalme con tapas

En el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (1981), en la Tabla 370-6a (Pág. 310), están indicados los tamaños normalizados de cajas metálicas; se pueden conseguir otras medidas y formas de cajetines, para lo cual se recomienda consultar los catálogos de fabricantes locales. Debe tomarse en cuenta que las dimensiones de los cajetines al igual que las cajas, dependen del número y diámetro de las tuberías que vayan a converger en los mismos, como se verá más adelante.

Las tapas son diseñadas para cubrir o sellar la boca de cajetines o cajas de paso. Las formas de las mismas son elaboradas conforme a las necesidades, de acuerdo al espacio físico, el aspecto estético y el acabado de la instalación eléctrica. Las más comunes son: rectangulares, cuadradas y redondas, ya sean planas o ligeramente abombadas ("bombé"). Existen tipos de tapas de diseño especial, construidas para cubrir tableros y paneles de protección o de maniobra.

Las cajas de paso se fabrican con láminas de acero de diferentes espesores, según las normas establecidas en el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (NEMA)*[*] respectivo. En esta última, se establece mediante una escala numérica, las características de robustez de cajas y gabinetes para ser utilizados en instalaciones eléctricas. El calibre de la lámina y el acabado de la caja se escogerá conforme al sitio de utilización, ya sea empotrado en paredes, o bien a la vista; en lugares interiores, exteriores, o según el nivel de corrosión del ambiente a ubicar; la humedad y el grado de peligrosidad contra explosión en áreas industriales, donde abundan gases volátiles, como en industrias petroquímicas, destilerías de petróleo, pinturas, etc. Existen otras cajas de tamaño, tipo escaparates, autosoportantes, diseñadas para ubicar dentro de las mismas, tableros, transformadores, equipos de protección, maniobra en alta y baja tensión, cuyo diseño debe realizarse conforme a los equipos que vayan a alojar.

Para escoger las dimensiones de las cajas de paso en edificaciones residenciales se utilizará el procedimiento siguiente:[**]

Caso 1: Tramos rectos:

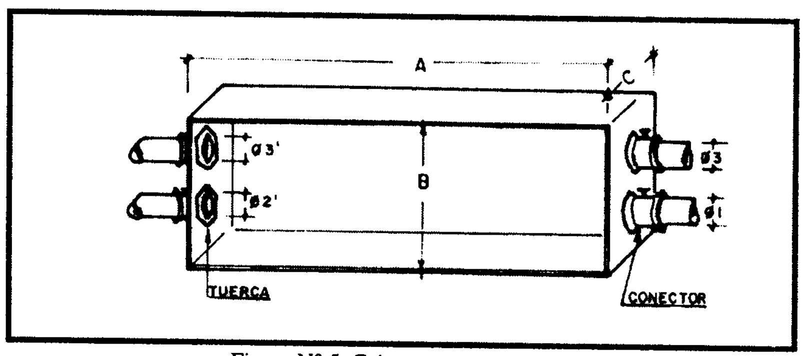


Figura N° 5. Caja en tramo recto.

El diámetro de una tubería se representará de ahora en adelante por la letra griega ϕ.

En la Figura N° 5 el lado A de la caja tendrá la mayor dimensión para facilitar el halado del cable en el sentido de la disposición de la tubería, por consiguiente, se obtendrá de la forma siguiente:

A = 8 veces diámetro máximo de las tuberías que llegan o salen de la caja

(2-1)

Recomendable para calibre # 4 o mayores.

De la misma Figura resulta:

[*] Nacional Electrical Manufacturers Assosiation (Véase Capítulo Nº X)

[**] FUENTE: Manual de Normas y Criterios para Proyectos de Instalaciones Eléctricas Tomo II. Tabla D-14 p. 531 (MOP 1968). De ahora en adelante se identificará como Manual del MOP.

A = (8) (ϕ3) (2.543) cm [*]

La longitud de los lados B y C se obtienen de la forma siguiente:

Primeramente se escogerá por simple inspección el lado donde se encuentren el mayor número de tuberías y de mayor diámetro. En el caso de la Figura No. 5, será el lado izquierdo, luego se tendrá:

B = Sumatoria de los diámetros exteriores de las tuercas de los conectores correspondientes a cada tubería + 0,5" por número de tubos.	(2-2)

En el ejemplo de la Figura No. 5 resulta:

B= (ϕ3" + ϕ2" + 2 x 0,5") x 2,543 cm [**]

El lado C se obtiene de forma análoga según el número de tuberías que llegan o salen y de mayor diámetro resultando para el ejemplo:

C = (ϕ3" + 1 x 0,5") x 2,453 Cm

En aquellos casos en que no se disponga de los diámetros exteriores de las tuercas de los conectores o se quiera hacer una estimación rápida de B y C se podrá emplear la expresión siguiente:

$$B = [\ 2\ (\Sigma\phi i\ ) + 0{,}5\text{" N°. de tubos}\ ]\ 2{,}543\ \text{cm}$$

Posteriormente al cálculo de las dimensiones mínimas obtenidas de A, B y C se escogerán las dimensiones definitivas que serán las que resulten iguales a las calculadas, o las inmediatas superiores que se encuentren en los tamaños normalizados o que estén en los catálogos del fabricante. De igual forma se procederá en todos los casos que se presenten en la práctica.

Caso 2: Cruce en ángulo de 90°:

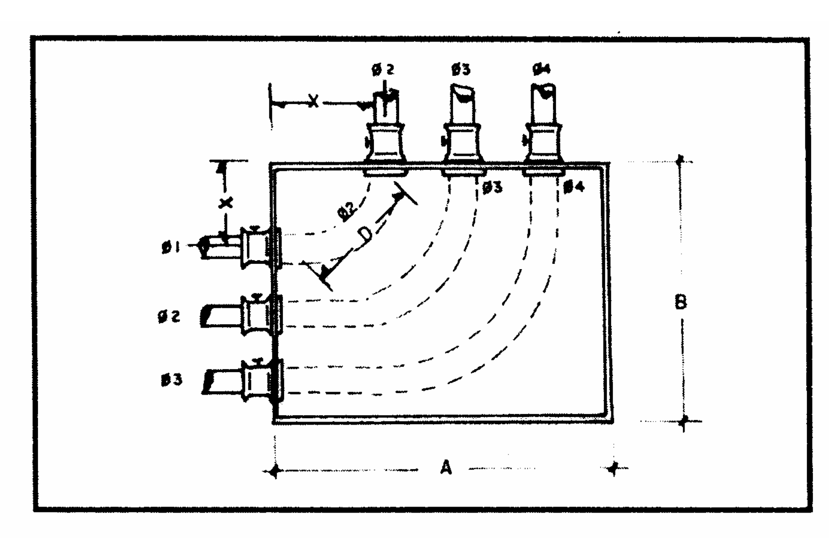


Figura N° 6. Caja en ángulo de 90°

[*] Para todos los casos las dimensiones se deben especificar en Cm, aunque los cálculos se basan en el diámetro de los tubos que entran o salen de cada caja; por consiguiente habrá que realizar la conversión de pulgadas a cm, multiplicando el resultado por 2,543.

[**] La representación de los diámetros exteriores de las tuercas de los conectores se representan como 03'y 02' (Ver figura No. 5).

Cuando el tramo de tuberías hace un ángulo como el que se muestra en la Figura N° 6 el procedimiento para determinar las dimensiones es el siguiente:

A = 6 diámetro máximo de la cara lateral anexa + la suma de los diámetros de las tuberías restantes	(2-3)

D: es la distancia mínima entre la entrada y la salida de tubos que contengan el mismo conductor resultando:

D = 6 diámetro máximo anexo	(2-4)

$$X = D + 1.4142$$

Espacio libre según se indica en la Figura N° 6, necesario para que el conductor pueda soportar el doblez a 90° sin sufrir daños irreversibles. El otro lado B se obtiene de la forma siguiente:

B = X + sumatoria de los diámetros exteriores de las tuercas de los conectores correspondientes a cada tubería + 0,5 por el número de tubos de la cara anexa.	(2-5)

Aplicando lo antes señalado a la Figura N° 6 resulta:

A=(6ϕ3 + ϕ2 + ϕ1) x 2,543cm

B = ((6 ϕ 2 ÷ 1,4142) + ϕ2' + ϕ3' + ϕ4'+ 0,5” x 3] x 2,543 cm

El lado C que es la profundidad de la caja se obtiene como en el caso N° 1.

C = (ϕ4'+ 0,5” x 1) x 2,543 cm

Caso 3: Cruce en forma de U:

Cuando en una caja de paso, las tuberías están ubicadas en una sola cara el conductor debe hacer un doblez en forma de U como se muestra en la Figura No. 7, la solución se indica a continuación.

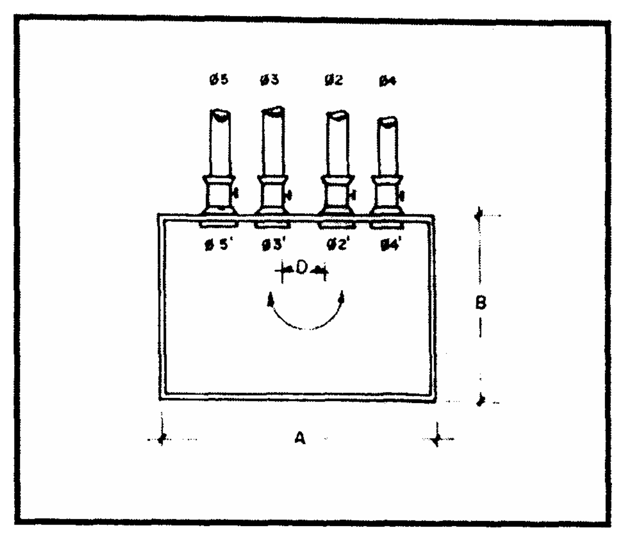


Figura N° 7. Entrada y salida en forma de "U"

En este caso el lado B se halla aplicando la expresión (2-3). El tramo D se obtiene conforme lo indica el número (2-4). Para el lado A se tomará en cuenta lo obtenido para D, más lo señalado en la (2-2) quedando la expresión para la Figura N° 7 de la forma siguiente:

A= (6ϕ3 + ϕ5' + ϕ4' + ϕ3' + ϕ2' + 0.5" x 4) x 2,543 cm

B= (6x05+04+03+02)x2,543 cm

C = (ϕ 5' + 0.5" x 1) x 2,543 cm

Caso 4: Cruce mixto:

Cuando en una caja de paso, las tuberías entran por una cara y salen por la cara opuesta, además salen también en dirección normal a la anterior, estamos en presencia de un caso mixto. En la figura N° 8 se puede apreciar el esquema de este tipo de caja.

El análisis se obtendrá haciendo los planteamientos que se indican a continuación:

a. Se considerará en primer lugar la caja como en el caso No. 1, por la parte superior, en forma de tramo recto, obteniéndose A según la expresión (2-1); B conforme al número (2-2) al igual que la C1, quedando la dimensión en la forma que se indica seguidamente:

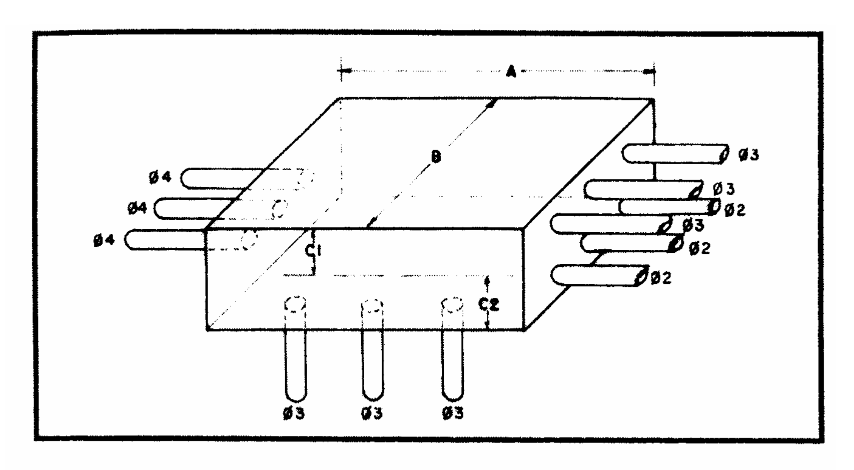


Figura N° 8. Caso mixto para caja de paso, entrando en grupo de tuberías, saliendo dos por otras caras.

A = (8 ϕ 4) x 2,543 cm
B = (ϕ4'+ ϕ4'+ ϕ4'+ 0,5"x 3) x 2,543 cm
C_1 = (ϕ4'+ 0,5" x 1) x 2,543 cm

b. La parte inferior de la caja se analizará como el Caso N° 2 en forma de ángulo, tomándose disposiciones desfavorables de las tuberías, obteniéndose la A aplicando la expresión (2-3); la B según la (2-2) y la C2 se logra utilizando la número (2-5) quedando entonces las dimensiones:

A' = (6ϕ2 + ϕ2 + ϕ2) x 2,543 Cm
B' = (ϕ2' + ϕ2' + ϕ2'+ 0,5" x 1) x 2,543 cm
C_2 = [(6ϕ3 ÷ 1.4142) + ϕ3' + ϕ3' + 0,5" x 31 x 2,543 cm

La solución definitiva será la que resulte mayor entre A, B y A', B' respectivamente. En cuanto a C se obtendrá de la sumatoria de C_1 y C_2.

2.3 TUBERÍAS

Las tuberías juegan un papel importante en las canalizaciones eléctricas pues dentro de las mismas se alojan los conductores. Resulta ser la forma más comúnmente utilizada en Venezuela, debiéndose tomar en cuenta si las mismas irán empotradas o a la vista. Para el caso que la tubería se encuentre embutida en paredes, techos o piso la más utilizada del tipo metálico es el tubo EMT. Esta tubería de fabricación nacional viene en dos versiones: pintadas con esmalte al horno o bien galvanizadas. La segunda es un poco más costosa por el proceso del tratamiento en el acabado, pero garantiza mayor durabilidad. Suelen utilizarse también en algunos casos el tubo EMT a la vista, según las necesidades de estética y el diámetro; recomendándose su uso externo hasta 2". Son fáciles de doblar con el uso de herramientas adecuadas, lográndose curvas de 45°, 90° o bien dobleces en forma de S (tipo bayoneta) conforme a las necesidades. En el caso de diámetros mayores de 1" se recomienda utilizar curvas premoldeadas de 45° o 90° para mayor rapidez en el montaje de la canalización.

El CEN ha normalizado la longitud de este tipo de tuberías en 3 metros y se dispone de diámetros: 1/2, 3/4, 1, 1 1/2, 2, 3, 4, 5 y 6 pulgadas, La forma de conexión de un tubo con el siguiente se realiza utilizando anillos con diámetro mayor que el exterior de la tubería y que se ajustan con dos tornillos.

El mismo procedimiento de conexión se utiliza entre tubos o tubos y curvas. A fin de fijar la tubería a la llegada de una caja de paso o cajetín se utilizan conectores que en un extremo poseen la terminación de un anillo y en el otro extremo rosca para fijar la tuerca que sujetará el conector contra la pared de la caja. En la figura N° 10 se muestra este detalle.

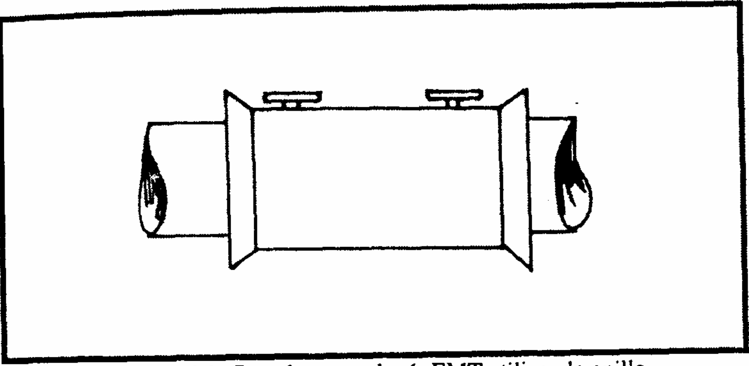


Figura N° 9. Empalme en tubería EMT utilizando anillo

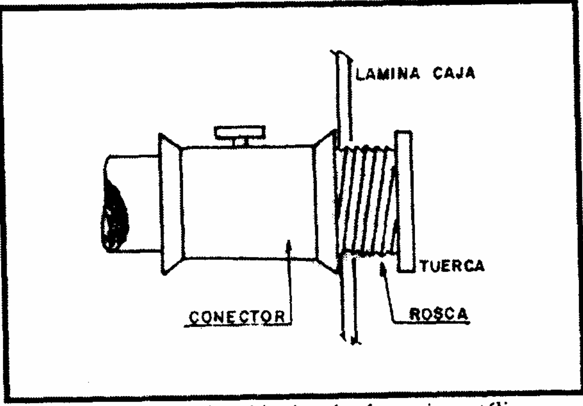


Figura N° 10. Fijación de tubería a caja metálica

Las tuberías "Conduit" metálicas de acero galvanizado tipo liviano o pesado se conectan unas con otras mediante roscas y anillos roscados. Se dispone de conexiones en forma de T o codos de 45° o 90° con o sin boca de inspección para facilitar el cableado o remoción del mismo. El uso de este tipo es para áreas industriales a la vista adosadas a estructuras, paredes o techos. Otro tipo de accesorios que se utilizan para este tipo de tubería conduit es las "conduletas" que se colocan en vez de cajas de paso. Su reglamentación la

establece el CEN en la sección 370-6-C; se emplean para realizar conexiones y derivaciones conforme a las necesidades del lugar. Actualmente se fabrican en el país con aluminio fundido. También se emplean los tubos conduit en paso de calles puentes o sectores con tráfico pesado. Igualmente se utilizan para la bajada de conductores en bancos de transformación para redes aéreas y acometidas a edificios en forma subterránea para baja tensión. En el tope de los tubos conduit se suelen colocar unos cabezotes protectores roscados que impiden la entrada de agua en la canalización y dejan pasar por unos orificios los conductores eléctricos.

Se dispone en el mercado de tubos de tres y seis metros siendo más comúnmente utilizado el primero en instalaciones interiores y el segundo en exteriores.

También se emplean en canalizaciones empotradas en concreto, o bajo frisos; en las tuberías plásticas utilizadas comúnmente en viviendas de interés social o en ambientes corrosivos junto al mar. Así mismo se usan en redes subterráneas para canalizaciones eléctricas o telefónicas. El empalme de un tubo con otro, el cual trae espiga y campana, se hace utilizando una pega vinílica que sella para siempre la unión. En caso de cortar el tubo es fácil realizar la nueva campana calentando el tubo y mediante el uso de un mandril se ensancha el diámetro y se conecta con el otro tubo de la forma antes señalada. El tubo plástico viene en largo de 3 y 6 metros con diámetro por lo general de 10, 20, 30, 40 y 50 ó 60 milímetros. Actualmente no se emplean en redes subterráneas, para acometidas en edificios, en electricidad y teléfonos, el tubo de asbesto; por sus efectos contaminantes. En ambientes especiales industriales suelen utilizarse tuberías de aluminio que poseen características similares a las conduit en cuanto a tamaños disponibles y montaje.

2.4 DUCTOS Y CANALES

Estos elementos que se emplean en una canalización eléctrica, son conocidos en el mercado como tipo "bandeja", las hay abiertas o cerradas modelo escalera con fondo de metal expandido o simplemente metálicos. Se emplean por lo general en instalaciones industriales, donde se requiera hacer modificaciones en las instalaciones a bajo costo, de acuerdo a las necesidades en el tren de un proceso manufacturero; para lo cual hay que realizar cambios de motores y de su ubicación conforme a un programa industrial.

En obras civiles se construyen en subestaciones, en industrias o similares, canales en piso con paredes y fondo de concreto, con tapa metálica, o bien con marco y contra-marco metálico de concreto. Estos canales deberán ser diseñados con la pendiente mínima necesaria y con drenajes para facilitar el escurrimiento del agua que pueda entrar al mismo. En la figura N° 11 (a) se puede observar la sección transversal de un canal.

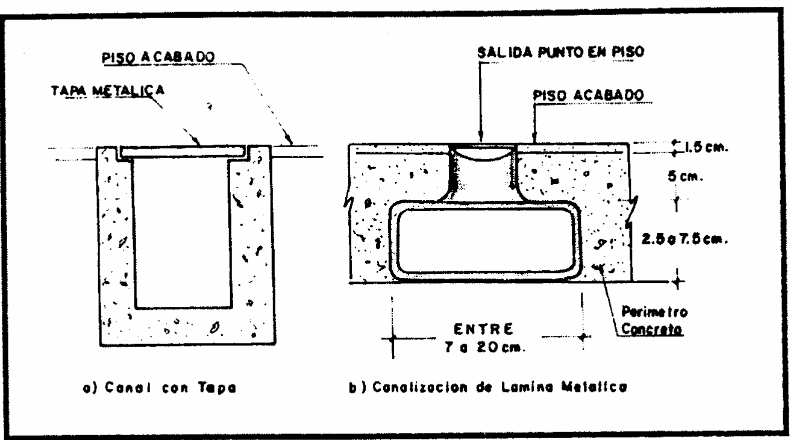


Figura N° 11. Canales de concreto y metálicos empotrados en piso.

En edificios construidos especialmente para oficinas o comercios, se suelen alojar los conductores eléctricos para usos generales de iluminación, toma corrientes, teléfonos, timbres, intercomunicadores, sonido, etc., en canales en piso tal como se presenta en la Figura N° 11 (b). Esta disposición de los canales en piso permite la instalación de tomas para servicio en un sitio y hacer cambios posteriores conforme a las necesidades derivadas de modificaciones en tabiques o mobiliario.

A nivel de diseño, deberá planificarse antes de la construcción, el trazado que seguirán los canales a fin de que cubran mediante un cuadriculado toda el área a servir y que las bocas de salida en piso permitan la flexibilidad deseada. Estos canales también se suelen construir en plástico PVC o asbesto, los cuales deberán recubrirse con concreto de mayor resistencia, que en el caso del ducto metálico.

El CEN y las normas MOP contemplan en Tablas la escogencia de la sección de la canalización requerida. No obstante, como dato de referencia se suele escoger tanto para ductos canales o bandejas, una sección 5 veces mayor que la ocupada por los conductores a alojar a fin de disponer del 80% de área de reserva.

2.5 TANQUILLAS

Es un pequeño recipiente perteneciente a un sistema de canalización subterránea, provisto de una abertura en la cual alcanza un hombre a realizar trabajos de instalación, mantenimiento o desconexión de redes eléctricas. En el caso de tanquillas para alumbrado público (A.P.), suelen ubicarse junto a los postes respectivos, sólo podrá el operario introducir los brazos y manos. En otras de mayor tamaño podrá entrar en la misma, como en el caso de la baja Tensión (BT), o alta tensión (AT). Las tanquillas suelen construirse con paredes de concreto, fondo limpio de concreto recubierto con piedra picada No. 2 que permita el drenaje del agua que ocasionalmente pudiera penetrar en la misma. La tapa se puede construir con marco y tapa metálica de lámina estriada, o bien, con contramarco y marco metálico relleno con concreto. También las hay de hierro fundido de tipo pesado para uso en aceras o extra pesado en calzadas donde pueden soportar el paso de vehículos. En la figura N° 12 se presentan los modelos de tanquilla para alumbrado público, baja y alta tensión.

Existen otras medidas, dependiendo de las normas y procedimientos de las Empresas de Electricidad o del Organismo o Empresa de que se trate.

2.6 TANQUES O SÓTANOS

Se denominan así a las cámaras de empalme o recinto de cables. Poseen una abertura o boca de visita y pertenecen a un sistema subterráneo. En ellos pueden entrar obreros con cierta comodidad a realizar trabajos de instalaciones de cables, transformadores, caja de empalme, seccionadores, protecciones, realizar pruebas o trabajos de mantenimiento. Pueden construirse en concreto armado las paredes, piso y techo. Las tapas se prefieren metálicas de hierro fundido, simples si están ubicadas en aceras, o reforzadas si están en la calle. Poseen en el piso una fosa de drenaje y escalera adosada a la pared para facilitar la entrada y salida del trabajador.

Las dimensiones dependen del tipo de trabajo o equipos que vayan a alojar y de las normas de la compañía de Electricidad u Organismo interesado. En el caso de redes telefónicas suelen construirse de ladrillo de arcilla macizos, tapas metálicas y las dimensiones dependen del número de pares telefónicos que posean los conductores que alojen y de los equipos, necesidades y normas de CANTV. También aceptan paredes, techos y piso de concreto armado.

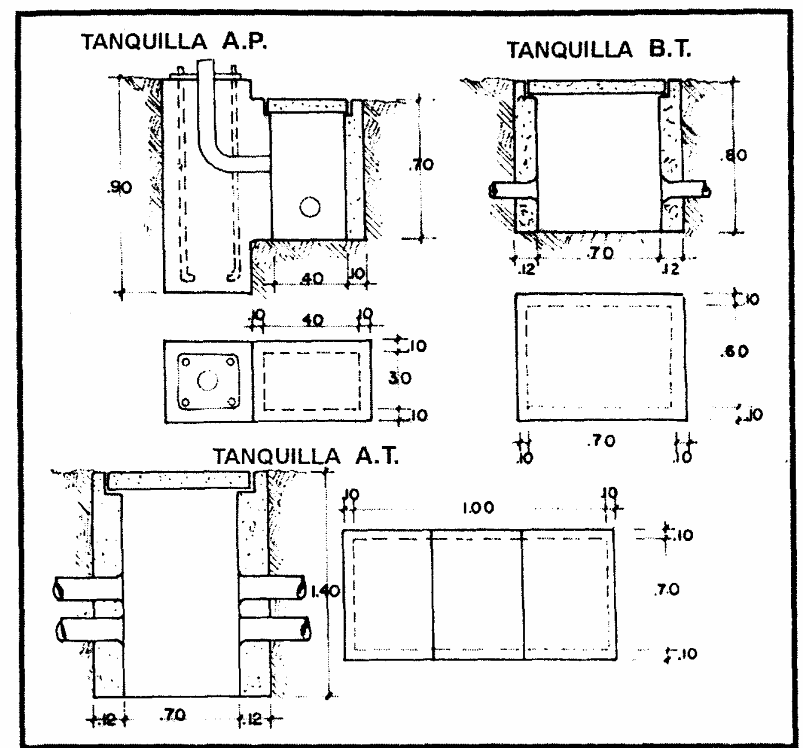


Figura N° 12. Tanquillas para servicio de alumbrado público, baja y alta tensión.

2.7 BANCADAS DE TUBERÍAS

Se denomina así al banco de uno o varios ductos o tuberías de hierro, aluminio o plástico, alojados en una zanja o canal. En algunos casos pueden estar recubiertos con tierra compactada o bien se prefiere recubrimiento de concreto de baja resistencia. Cada tubería guarda una distancia mínima entre ellas de 5 cm y separadas de las paredes de la zanja 7.5 cm. En la Figura N° 13 aparecen tres casos tipo de bancadas, para canalizaciones eléctricas subterráneas comúnmente utilizadas para redes de alumbrado público (A.P.), redes de baja tensión (B.T.) o alta tensión (A.T.).

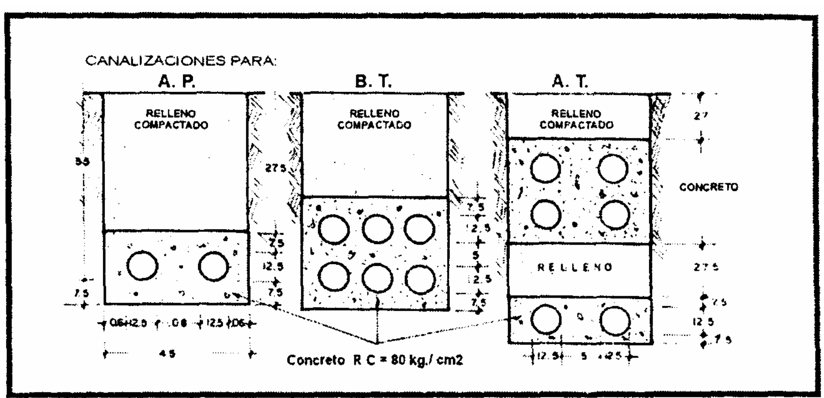


Figura N° 13. Bancadas de tuberías utilizadas para alumbrado público, baja y alta tensión.

En el Manual del MOP aparecen los modelos más comunes de bancada que suelen utilizarse en la construcción de redes subterráneas, también en las Normas de CADAFE y ELECTRICIDAD DE CARACAS. Con frecuencia suelen utilizarse estos modelos de bancadas en las acometidas subterráneas

a edificios residenciales para llevar los conductores de alta tensión, hasta la subestación de transformación y de allí hasta el tablero general.

En el diseño se determina el número y tamaño de las tuberías, adicionalmente al resultado del número calculado, suele agregarse tuberías de reserva para futuras expansiones. Las empresas de electricidad actualmente están utilizando este criterio, al igual que la empresa de comunicaciones telefónicas (CANTV).

2.8 CASETAS

Se denomina así a los cuartos que se construyen para alojar bancos de transformación, protecciones, seccionadores, etc. Es un recinto aislado que puede estar sobre el terreno o semi-empotrado, con paredes, techo y piso resistentes al fuego. Por lo general se construyen con piso de concreto armado, paredes de bloques de concreto, arcilla o de ladrillos macizos según las especificaciones de la Compañía de Electricidad. Los detalles que deben observarse para un normal funcionamiento es que deben tener ventilación natural cruzada, para ello se dispondrán las ventanas unas arriba y las otras en la pared de enfrente, abajo a 0.50 m, del piso. La puerta tendrá dimensiones tales que permitan la entrada y salida de los equipos que alojan, abriendo sus hojas hacia afuera conforme lo exigen las Normas contra incendio y serán de metal. Las dimensiones dependen de las normas de las compañías de Electricidad u Organismos involucrados. El acabado exterior tendrá que ser tal que armonice con la arquitectura del lugar. Por lo general las casetas se construyen junto al edificio residencial que alimentan, pudiendo hacerlo conforme al diseño, para uno o más edificios residenciales o bien para un grupo de viviendas residenciales de una urbanización. Se presenta un modelo de caseta de transformación en la Figura N° 14.

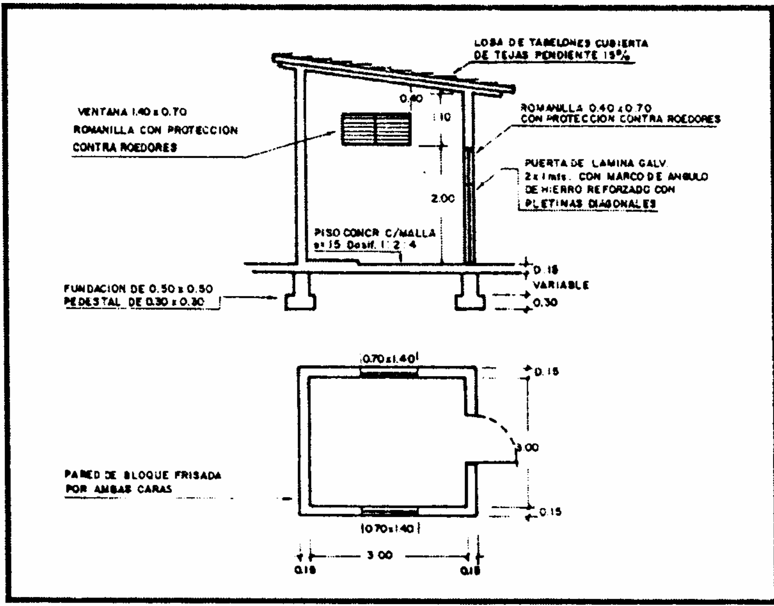


Figura N° 14. Caseta de transformación.

Las casetas disponen según el diseño, de bancadas de tuberías que entran y salen, de conexiones para aterramiento, tableros de distribución, transformadores de protección, seccionadores, controles de alumbrado, etc.

2.9 EJERCICIOS PRÁCTICOS

A continuación se presentan ejercicios ilustrativos de la aplicación de los procedimientos de cálculo para determinar las dimensiones de las cajas de paso empleadas en canalizaciones eléctricas, de acuerdo a lo esbozado en este capítulo en el aparte 2.2.

En la tabla siguiente, se presentan valores en pulgadas de los diámetros exteriores de las tuercas de los conectores correspondientes a cada tubo, indispensables para la resolución de los ejercicios. (Véase nota en la Pág. 18).

TABLA No. I

DIÁMETROS DE TUERCAS PARA TUBOS "EMT" EN FUNCIÓN DE SUS DIÁMETROS INTERIORES

DIÁMETRO INTERIOR	½"	¾"	1"	1 ½"	2"	3"	4"	5"	6"
DIÁMETRO TUERCA	1 ½"	1 ¾"	2 1/8"	2 5/8"	3 1/8"	4 ¼"	5 ½"	6 ½"	7 ½"

CASO No. 1 TRAMOS RECTOS

(Véase la Figura N° 5). En la caja metálica de este ejemplo entran por un lado 4ϕ5" y salen por el otro extremo 2ϕ5" + 2ϕ3". La solución para lograr las dimensiones de la caja requerida es la siguiente:

Aplicando la ecuación (2-1) resulta para el lado A:
(A) = 8 ϕ máx = 8 x 5" = 40" = 101 .72 cm.

Aplicando la ecuación (2-2) resulta para el lado B:
B = 6 ½" + 6 ½" + 0,5" x 2 = 14" = 35,60 cm.

Aplicando la ecuación (2-2) resulta para el lado C:
C = 6 ½" + 6 ½" + 0,5" x 2 = 14" = 35,60 cm.

Las dimensiones definitivas son las siguientes:
110x40x40 Cm

CASO No. 2. ÁNGULO DE 90°

(Véase la Figura N° 6). En este caso por el lado izquierdo llegan 2 ϕ 2" + 2 ϕ 6", saliendo a 90°: 2 ϕ 2" + 2 ϕ 6". La solución para este caso es la siguiente:

Para determinar el lado A se aplica la ecuación (2-3)
A = 6 x 6" + 6" + 2" + 2" = 46" = 117 cm.

Para determinar B, habrá que calcular previamente D y X de la forma siguiente: Aplicando la ecuación (2-4) se logra D.

D = 6 x 2" = 12"

X = D ÷ 1.4142 = 12 = 1.4142 = 8.49"

Mediante la ecuación (2-5) se determina B:
B = 8.49"+ 7 ½ +7 ½" +3 1/8"+3 1/8"+ 0,5" x 4 = 31.74"
B = 80.71 cm

Aplicando la ecuación (2-2) se obtiene C:
C = 7 ½" + 0,5" x 1 = 8.0 = 20,34 cm.

Las dimensiones definitivas son las siguientes:

120 x 85 x 25 cm

CASO No. 3. ENTRADA Y SALIDA EN "U"

(Véase la Figura N° 7). Por la cara superior del lado izquierdo entran: 1 ϕ 4” + 1ϕ3” + 1ϕ2” y salen a una distancia “D” por el lado derecho: 2ϕ2” + 2ϕ3”+ 2ϕ4” en forma de 2 capas de tubos iguales.

Aplicando la (2-4) se halla D:
D = 6 x 2” = 12”

Para determinar A se aplica las ecuaciones (2-4) y, (2-2) resultando lo siguiente:

A = 6x2”+5 ½”+5 ½”+4 ¼” + 4 ¼” + 2x3 1/8”+6x0.5"
A = 40,75” = 103,63 cm.

Para determinar B se utilizará la ecuación (2-3)

B=6x4"+4"+3"+3"+2"+2"=38"=96.64 cm.

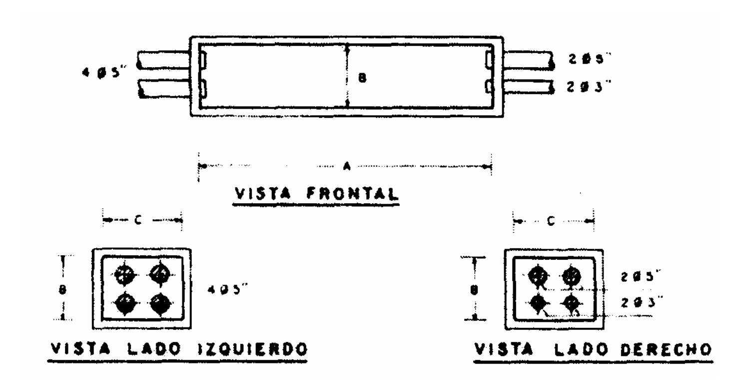
Aplicando la ecuación (2-2) se obtiene C:
C = 2x5 ½”+ 2x0.5” = 12” = 30,52 cm.

Las dimensiones definitivas de la caja son las siguientes:

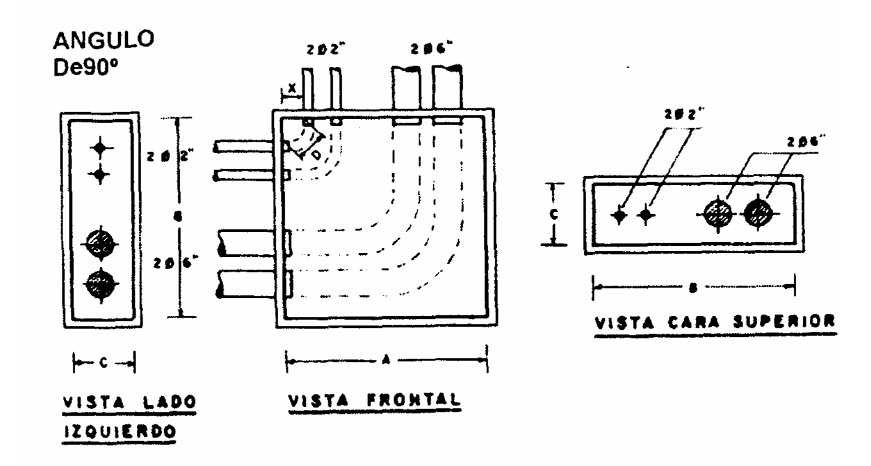
110 x 100 x 35 cm

GRÁFICOS CORRESPONDIENTES A LOS EJERCICIOS ANTERIORES.

<u>CASO Nº 1</u>
Tramos Rectos.

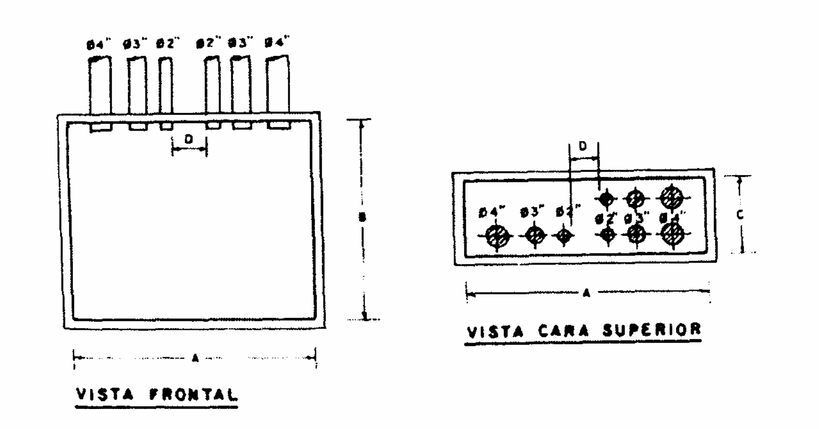


CASO N° 2.



CASO N° 3.

ENTRADA
Y SALIDA EN "U"



CAPITULO III

ACCESORIOS ADICIONALES

3.1 TOMACORRIENTES

Dado que por definición las canalizaciones eléctricas residenciales se utilizan para llevar la energía eléctrica hasta el punto de utilización, precisamente el punto o salida más común es la toma de corriente, o tomacorriente de uso general. Estos son dispositivos que se alojan en cajetines de 5.086 x 10. 172 cm (2" x 4"). Constan de un taco, el cual es soportado por una lámina sujetadora denominada puente, que se fija a los tornillos del cajetín. En el taco de plástico, o bakelita, se conectan los conductores que alimentan al tomacorriente y son fijados por medio de tornillos dispuestos para tal fin. Los tomacorrientes pueden ser sencillos, dobles o triples según sea el número de tacos que existan en el cajetín. Por lo general se montan a 0.40 mts. del piso acabado y, por requerimientos especiales, a 1,10 mts. como es el caso de la mesada de cocina; ó a 1.80 mts. del piso para calentadores, ventiladores, etc. La tensión de alimentación para los de uso general es de 120V, para una corriente máxima de 15 amperios. Tomas especiales que son alimentadas por circuitos exclusivos que vienen directamente del tablero de sector, suelen tener mayor capacidad de corriente, hasta 30 amperios o más, según las necesidades. Cuando la toma especial requiera tensión de 220V, los hay especiales para 15 amperios, 30 amperios o más. La mayoría de los tomacorrientes poseen conexión de tierra, en caso contrario, habrá que implementarla a fin de proteger a las personas de posibles descargas por falla a tierra.

En la figura N° 15 se puede apreciar el circuito N° 1 (C_1), que parte del tablero y alimenta 5 tomacorrientes de uso general.

3.2 TOMACORRIENTES ESPECIALES

Los tomacorrientes especiales mencionados en la sección anterior, son de esa condición por las características de la carga que se conectará en el mismo, deben operarse en forma individual con circuitos exclusivos que parten desde un tablero. Así mismo son tomas especiales en cuanto a su constitución física, pues se colocan en ambientes o en forma diferente a los antes mencionados.

Es el caso de los tomacorrientes de piso, que se ubican en receptáculos o cajetines especiales, que van empotrados en pisos y conectados a los ductos.

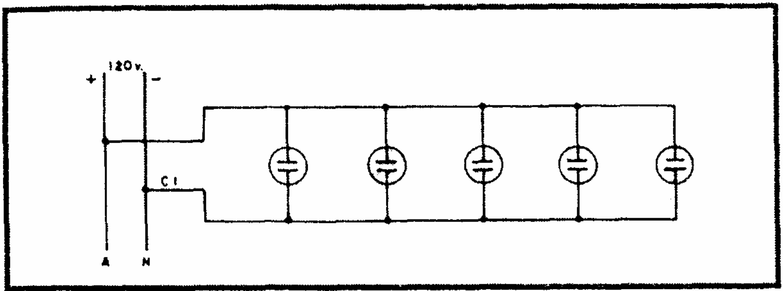


Figura N° 15. Circuito C_1 de toma corriente de uso general.

Estos tomacorrientes, desde el punto de vista de la carga a conectar, son de uso general, pero en cuanto a su constitución son diferentes, pues han sido fabricados a prueba de agua y polvo, y su costo es hasta tres veces más elevado que el convencional. Otro tomacorriente de constitución diferente es el tipo intemperie el cual también desde el punto de vista de la carga, puede ser de uso general, pero desde el punto de vista físico difiere del convencional en que posee empacadura de goma, que impide la entrada de agua al cajetín; además la tapa que cubre el cajetín es de tipo galvanizado y posee una sobre tapa con bisagra, también galvanizada que cubre los contactos de la toma eléctrica. Suelen colocarse en garajes abiertos, patios y por lo general a la intemperie, o donde exista probabilidad de contacto con agua o lluvia.

Existen otros tipos de tomacorrientes especiales por su constitución física, son los modelos contra explosión, los que se instalan en áreas restringidas, donde puede haber gases volátiles o productos químicos inflamables. Es obligatoria su utilización según lo establece el CEN en hospitales, áreas de quirófanos, sala de cuidados intensivos y en general donde se

trabaje con gases anestésicos. También son utilizados en fábricas de pintura y de resinas, petroquímica y similares. Desde el punto de vista eléctrico son iguales a los convencionales, pero en cuanto a sus componentes no, dado que son completamente herméticos. Posee una caja especial donde se pueden extinguir en él, las posibles chispas que eventualmente suelen saltar al conectar o desconectar un equipo portátil, produciéndose un arco eléctrico. Estos tomacorrientes no se producen en el país, su costo es muy elevado debido a sus componentes y por el hecho de que deben importarse. Existen no solamente tomas de corriente contra explosión, sino también interruptores para iluminación, fuerza, luminarias, tableros y una familia completa de equipos especiales para operar en este tipo de áreas restringidas.

Otro tipo de tomacorriente no convencional es el tipo barra o también llamado de multisalidas, formado por dos láminas de cobre conectadas a una toma convencional debidamente aisladas y fijadas en bancos de trabajo, permitiendo la conexión de equipos en cualquier sitio a lo largo de la barra. También existe otro tipo que consiste en dos conductores que poseen unos tacos de plástico para conectar la carga, espaciados 30 cm, fijados en perfil metálico tipo canal y en su interior van los conductores eléctricos que los alimentan. La estimación de la demanda de campo de este circuito de multisalidas está reglamentada por el CEN. Suele utilizarse este tipo de tomas en cocinas donde exista poco espacio, en pequeños talleres, en bancos de trabajo o en laboratorios de tipo didáctico o de investigación.

3.3 TOMAS PARA ILUMINACIÓN

Por lo general, las tomas para iluminación se ubican en el techo y en algunos casos en pared, para la colocación de apliques. Se utilizan cajetines octogonales de 10,172 x 10.172 cm (4" x 4"). Los conductores parten del tablero, van a cada cajetín de techo, de allí va el activo a un cajetín ubicado en la pared, donde estará situado el interruptor que conectará la luminaria, regresando el conductor al punto de techo donde se alimentará el equipo conjuntamente con el neutro, tal como se muestra en la Figura N° 16 para el circuito número C_2.

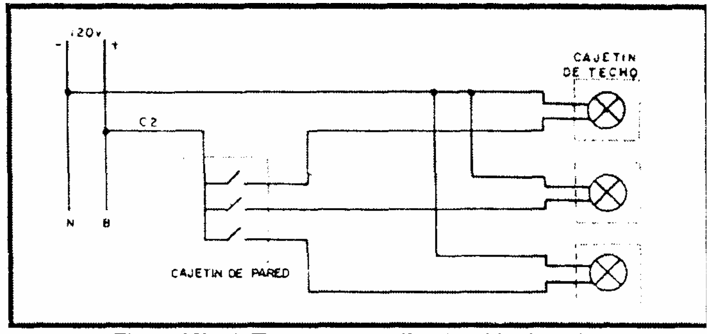


Figura N° 16. Tres puntos de iluminación de techo.

3.4 LLAVES DE INTERRUPCIÓN

Los cajetines para llaves de interrupción o suiches, por lo general se colocan a 1.20 m del piso, en casos especiales a 0.80 m, según las exigencias del propietario del inmueble. Las llaves de interrupción las hay tipo taco o en unidades compactas, se ubican en puentes que son fijados con tornillos al cajetín. Vienen para 120 V, 15 amperios o en casos especiales para mayor capacidad. Las hay tipo cuchilla o de resorte.

Un interruptor está formado por dos contactos móviles de palanca a presión o bien botones. Los hay para interior, exterior o contra explosión, similares a los tomacorrientes descritos en la sección 3.2.

Todo interruptor será sencillo en el caso de interrumpir una o más luminarias a la vez; doble cuando en el mismo cajetín haya dos interruptores, o triple en el caso de tres. Con el fin de operar el sistema de iluminación interior de una vivienda se pueden hacer múltiples conexiones que nos permitan obtener combinaciones de operaciones.

Haciendo uso de interruptores especiales de 3 vías (S_1), tres contactos, se puede lograr encender o apagar una misma luminaria o grupo de ellas desde dos sitios diferentes tal como lo muestra la Figura N° 17. En el caso de utilizar la combinación de dos interruptores de 3 vías y no de cuatro vías (S_4), se logra operar una luminaria o grupo de ellas encendiéndolas o apagándolas desde tres puntos diferentes, tal como lo muestra la Figura N° 12

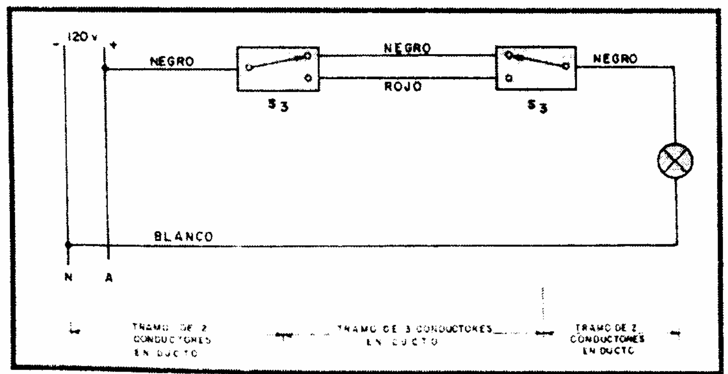


Figura N° 17. Control de una luminaria desde dos sitios diferentes.
Conexión 3 vías.

El de tres vías se utiliza comúnmente en una vivienda para encender o apagar una luminaria ubicada en el descanso de una escalera, desde la planta baja o bien desde la planta alta. El de la combinación dos de 3 vías y uno de cuatro vías se emplea en una vivienda cuando se quiere operar una luminaria ubicada fuera de la casa desde la habitación principal, desde la cocina o bien desde el recibo, a la entrada de la casa. Pudiera emplearse en cualquier otro sitio conforme a las exigencias del usuario.

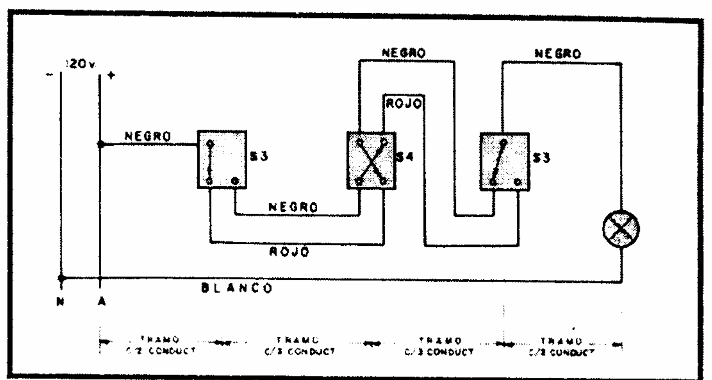


Figura N° 18. Control de una luminaria desde tres sitios diferentes.
Combinación 2 de 3 vías y 1 de 4 vías.

Otro tipo de interruptor es el tipo “Dimmer", el cual se utiliza en ciertos ambientes de una residencia, en cines, teatros, restaurantes, salas de reuniones, etc. Este interruptor logra regular mediante su operación, el flujo luminoso emitido por una luminaria, por medio de la variación de la tensión.

En épocas anteriores se utilizaba un “'Dimmer” consistente en un reostato en forma circular ubicado en un cajetín normal con tapa y botón especial giratorio que partiendo desde apagado aumentaba la brillantez de la luminaria hasta su encendido normal. (Véase Figura N° 19).

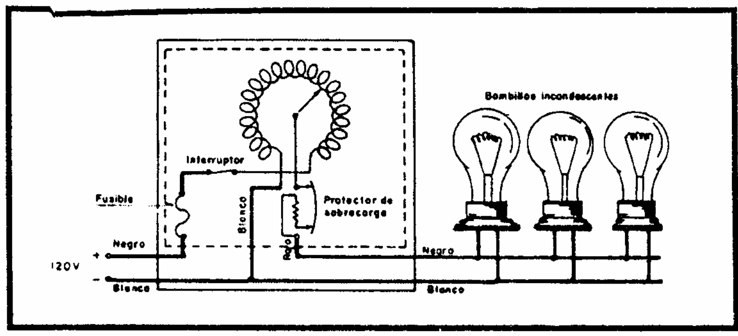


Fig. N° 19. Dimmer controlado por autotransformador
Fuente: R. Mullin. ELECTRICAL WIRING RESIDENTIAL

Un modelo de dimmer que se utiliza en grandes instalaciones preferentemente en hoteles, restaurantes, teatros, etc., es el consistente de un autotransformador, el cual cambia la intensidad de la luz variando el voltaje aplicado a la luminaria. El autotransformador tiene contactos móviles consistentes en unas escobillas deslizando sobre el devanado, variando el número de espiras y partiendo desde apagado hasta completamente encendido a voltaje nominal. Viene paró 120V, 60 Hz en diferentes capacidades en vatios. Existen ciertos inconvenientes que crea este auto transformador, ocasionando variaciones de voltaje en el resto de la instalación. Si se emplea en una casa, provocará perturbaciones en las pantallas de televisión, en equipos de sonidos, computadoras personales y en otros equipos. Además cualquier sobrecarga en el sistema puede provocar el disparo de la protección fusible de sobrecarga que viene incorporada a la unidad: por consiguiente se preferirá su aplicación en grandes instalaciones pero no en una residencia.

El dimmer electrónico de estado sólido, se utiliza comúnmente en viviendas residenciales para variar la intensidad de la luz incandescente, Es más compacto que el de tipo autotransformador, viene para 120V, 60Hz, 600W y cabe en un cajetín normal de 5.08 x 10.1 cm (2- x 4"). Los hay también para interruptores de tres vías (S3). El botón de control de la luz gira desde apagado hasta lograr el 100 0/o de la iluminación completamente encendido. Viene también para 1000W, pero es de mayor tamaño requiriendo el espacio de un cajetín de 10.1 x 10.1 cm (4" x 4"'). (Véase Figuras Nos. 20 y 21).

También en el mercado existe un dimmer especial para operar luminarias de luz fluorescentes. Logrando ciertos cambios en las conexiones de un dimmer normal para luz incandescente, se puede usar en luminarias provistas de tubos fluorescentes, de tipo "encendido rápido". Se requiere que la luminaria utilice balastos especiales para uso con dimmers.

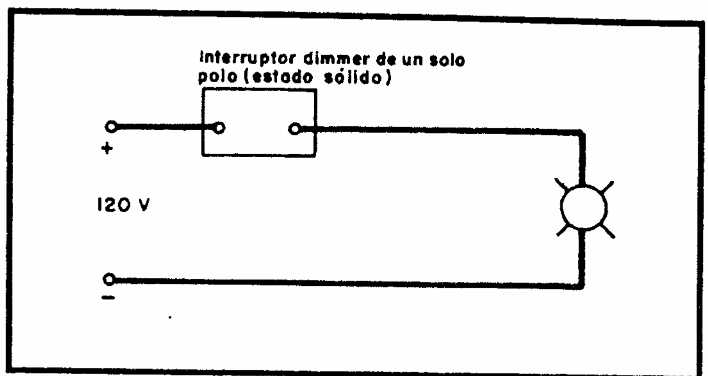


Figura N° 20. Luminaria controlada por dimmer sencillo.
Fuente: R. Mullin ELECTRICAL WIRING RESIDENTIAL

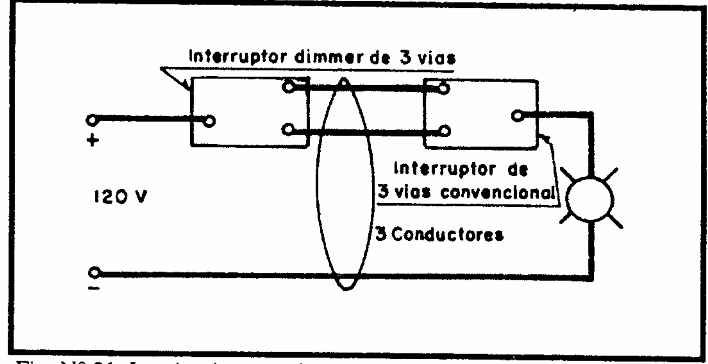


Fig. N° 21. Luminaria controlada por dimmer de 3 vías e interruptor convencional de 3 vías.
Fuente: R. Mullin. ELECTRICAL WIRING RESIDENTIAL

Para ciertos casos se emplea un "interruptor horario", el cual consiste en un reloj graduable como un despertador eléctrico, el cual conecta y desconecta el circuito de iluminación deseado conforme al horario establecido. Suele utilizarse este tipo en edificios para iluminar pasillos, escaleras, áreas libres, estacionamientos, etc.

Otro modelo de interruptor especial es el empleado en alumbrado público y en donde se requiera un interruptor automatizado que encienda solamente cuando el nivel de iluminación producido por la luz natural del sol baje de cierto valor, para lo cual ya el equipo viene graduado según especificación del fabricante.

Este control de alumbrado está compuesto de una célula fotoeléctrica que se ubica en la parte superior de una caja metálica tipo intemperie, en su interior existe un rolé que conecta y desconecta el circuito de iluminación acompañado de un interruptor termomagnético para protección del equipo, del circuito y de las luminarias. Cada control viene diseñado para las condiciones de funcionamiento deseado tal como 120V-25 Amp, 220V-30 Amp, 60 Amp, etc. Podrá utilizarse una célula fotoeléctrica solamente en aquellos casos en que el número de luminarias no sobrepase la capacidad en amperios de la especificación correspondiente a dicha célula convencional.

CAPITULO IV

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

En este capítulo se hará una descripción somera de los dos dispositivos de protección y maniobra que se emplean en edificaciones residenciales, de oficinas, comerciales o de otra índole.

Un dispositivo de protección es necesario en toda instalación eléctrica para preservar los equipos e instalaciones eléctricas de posibles fallas que pudieran ocurrir en los equipos mismos, o en otra parte del sistema, incluyendo el de la red de distribución de la compañía de electricidad.

Todas las empresas suministradoras de energía eléctrica exigen en sus reglamentos de servicio que el suscritor instale un dispositivo de protección de sobrecorriente adecuado, preferiblemente, termo magnético. Por su lado la compañía instala una protección adicional antes del medidor, que en ciertos casos se utiliza para conectar o interrumpir el servicio al abonado cuando así lo requieran.

La escogencia de un dispositivo de protección no dependerá solamente de la inversión inicial que se haga sino de los resultados en operación que satisfacen las expectativas del usuario. En caso de seleccionar una protección con fusibles, al fundirse la lámina tendrá que reponerla para restablecer el servicio, por lo cual habrá que estar preparado para esta eventualidad. La reposición de un fusible muchas veces puede significar la pérdida de tiempo, que eventualmente en una vivienda, no puede tener tanta importancia como lo podría tener en un edificio de oficinas, comercial o industrial, donde el tiempo se mide en dinero perdido por las horas hombre dejadas de producir. Por otro lado una combinación de fusibles con interruptor automático debidamente seleccionados puede brindar un excelente servicio y seguridad en el mantenimiento de equipos como se verá más adelante.

Con el objeto de lograr buenos resultados con el diseño de una instalación es conveniente que se planifique la distribución de circuitos de iluminación y tomacorrientes por separado. Además de esto dividir su competencia por sectores y tratar de que cada uno sea cargado en forma repartida, entre los conductores activos de la alimentación principal.

Observando estas reglas se logrará aislar la falla en un sector y el resto funcionará sin dificultades.

4.1 INTERRUPTORES

Se define como interruptor el aparato que se utiliza para abrir o cerrar un circuito. Para todos los casos cuando se menciona sólo interruptor se referirá a un dispositivo de operación manual.

En una vivienda y en todo tipo de edificación con instalaciones eléctricas se requiere operar los circuitos por medio de interruptores. Ya se ha visto en el Capítulo III lo concerniente a los utilizados en circuitos de iluminación. En esta sección se hará referencia a los interruptores que tienen que ver con la operación de tableros, equipos especiales, acometidas eléctricas, etc.

Suelen emplearse a nivel residencial interruptores seccionadores que se les conoce con el nombre de cuchillas, vienen para 120V y poseen cierta capacidad de corriente según las necesidades.. Ciertos tipos de cuchillas vienen con los fusibles y portafusibles incorporados a ella, otros modelos de protección se logran en forma separada, como es el caso de fusibles tipo "Tapón" que las empresas de electricidad emplean en los suscritores de barrios populares.

Existe un modelo de interruptor con fusible incorporado que se conoce en el mercado nacional como tipo "Ticino" y es utilizado a nivel residencial para la operación de equipos de aire acondicionado, bombas, calentadores de agua, etc. Vienen para una tensión de 120V, 240V de 1, 2 y 3 polos, con capacidades hasta 40 amperios o más. Poseen compartimientos donde se alojan las láminas fusibles de repuesto.

Son fáciles de instalar y de operar pues con sólo mover la palanca se conecta y desconecta. En caso de falla por sobrecorriente un resorte abre el circuito rápidamente interrumpiendo el servicio.

Existen cuchillas seccionadoras que se pueden operar a control remoto, con cámaras de extinción, son del tipo palanca, pueden o no estar accionadas por sistema de aire comprimido para facilitar la operación. Para hacer la selección adecuada es necesario conocer la corriente de carga y la tensión del sistema de alimentación. Son empleados preferentemente en instalaciones industriales.

4.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Son dispositivos diseñados para operar el circuito en circunstancias anormales de corriente, sin que sufra daño el mismo. El disparo se producirá solamente para un valor determinado de corriente.

Existen los interruptores automáticos en dos tipos: electromagnéticos en aire y los termomagnéticos en caja moldeada. Para los electromagnéticos el valor del disparo puede ajustarse a un valor determinado regulando el tiempo en atraso o en forma instantánea conforme a las necesidades y la coordinación que había que hacer con el resto del sistema de protecciones de la instalación. En cambio los termomagnéticos son diseñados para un tiempo fijo del disparo.

Algunos diseños de interruptores termomagnéticos poseen unidades de disparo que se pueden cambiar conforme a las nuevas necesidades que podría imponer un sistema.

Para instalaciones industriales se prefieren los interruptores electromagnéticos en aire, en subestaciones y tableros. Los interruptores termomagnéticos son utilizados en forma más generalizada a nivel residencial, edificios de oficina, comercial, etc. Viene con capacidad de operación de hasta 2500 Amp.

El esquema de un interruptor termomagnético se presenta en la Figura N° 22. Según se puede observar su operación se puede realizar de tres maneras a saber:

1. En forma manual.
2. Por sobrecorriente por acción magnética.
3. Por sobrecarga dispositivo bimetálico.

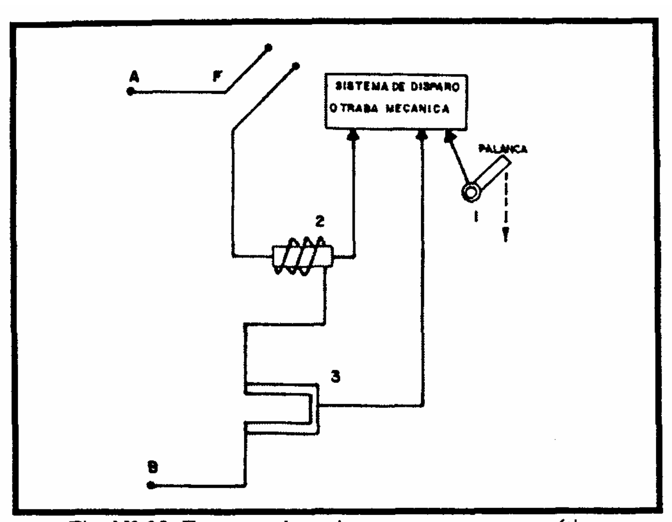


Fig. N° 22. Esquema de un interruptor termomagnético.

En la figura N° 23 se presenta las características de funcionamiento de un interruptor termomagnético.

La caja moldeada donde viene la unidad provee el aislamiento necesario para proteger todos los componentes. Por lo general es de urea o poliéster de vidrio los cuales poseen excelentes características

dieléctricas. Consta además de la unidad de disparo, mecanismo de operación, extinguidor de arco, contactos y terminales de conexión.

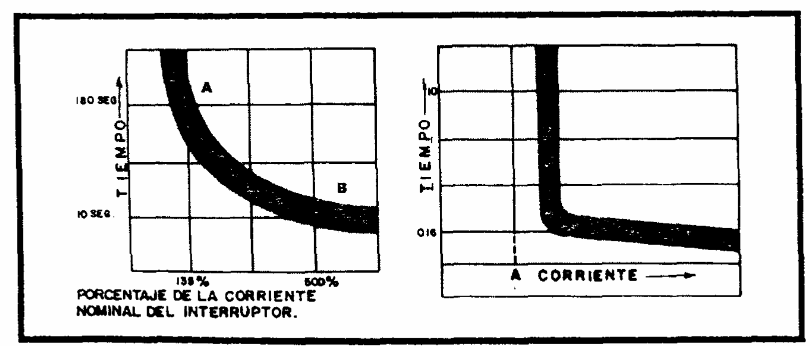


Fig. N° 23. Características de funcionamiento de un interruptor termomagnético. Fuente: Catálogo WESTINGHOUSE.

La acción termomagnética es la combinación de las operaciones antes señaladas, según se indica en el Gráfico N° 24.

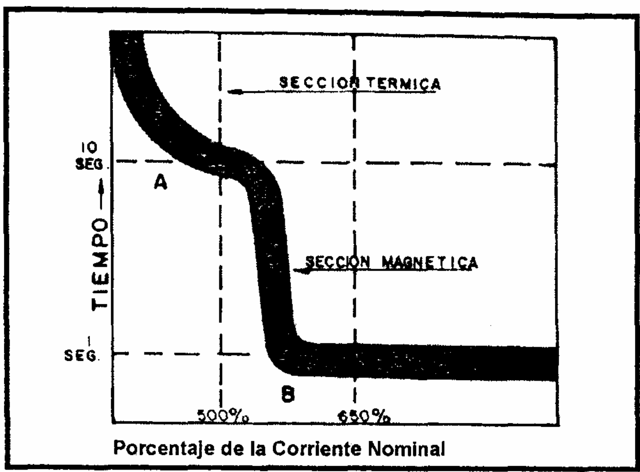


Fig. N° 24. Acción termomagnética de un interruptor. Fuente: Catálogo WESTINGHOUSE.

Existe otro tipo de interruptor que se basa en el mismo principio del termomagnético, pero el electroimán y el bimetálico son reemplazados por un circuito formado por elementos semiconductores de estado sólido. Su aplicación es para proteger circuitos alimentadores, ramales y preferentemente en edificios comerciales. Es el único tipo de interruptor automático en que se puede graduar la unidad de disparo por sobrecarga.

En todos los casos, cuando se desee seleccionar un interruptor de cualquier tipo, es necesario conocer los datos siguientes: Tensión del circuito, capacidad de interrupción (referida al nivel de corriente de cortocircuito en el punto deseado), corriente de operación en condiciones normales de trabajo del circuito, número de polos, frecuencia y condiciones de operación (referidas a las ambientales, humedad, corrosión, altitud o posición de montaje).

4.3 FUSIBLES

Las protecciones fusibles son partes conductoras de cierto metal que con el paso de una determinada corriente, para la cual han sido diseñadas, se funden por exceso de temperatura y abren el circuito. Pueden operar tanto en baja como en alta tensión desde un voltio más de 100.000V, según las necesidades y con corrientes de miliamperios hasta 6000 Amp, o más.

El alambre fusible se escoge por lo general basándose en la corriente nominal del conductor del circuito a proteger. El alambre fusible puede ser de plomo, plata, plomo-estaño. Se coloca en serie con el circuito y estará ubicado en una cápsula o cámara de extinción del arco, el cual se producirá al fundirse el material, en caso de un recalentamiento por corriente de falla. La cámara de extinción está llena de arena cuarzosa, yeso, o en ciertos casos, líquido adecuado, el cual enfría y extingue el arco. En otros tipos la cámara está abierta en un extremo para permitir la salida de gases denominados fusibles de expulsión. Otro modelo de fusible trae adicionalmente dentro de la cápsula un muelle que separa los extremos del fusible coagulado por la fundición en forma rápida, ayudando a extinguir más rápidamente el arco. En cuanto al tamaño varía según su capacidad desde 2 cm, hasta 100 cm, de longitud y hasta 30 cm de diámetro.

Existen unos fusibles de uso menos frecuente, abiertos de cinta, denominados de galga, formados por una o varias cintas metálicas soldadas a sus terminales sujetadas con tuerca.

El fusible tiene un tiempo de respuesta mayor que el interruptor automático en casos de cortocircuitos En ciertos casos de falla monofásica se fundirá el fusible de una sola fase (para un sistema trifásico), cosa que puede provocar otros problemas si no existe también una protección de respaldo por sobrecorriente.

En el mercado se consiguen fusibles de dos tipos a saber: limitadores y los convencionales. El primero limita el efecto del arco que se produce al fundirse el fusible en un tiempo menor que el correspondiente a la corriente máxima de falla, extinguiéndose dentro de su cámara. Por lo general los fusibles limitadores van acompañados de dispositivos de acción térmica o de otro tipo.

El fusible más sencillo que se consigue en el mercado es el convencional de rosca Edisón, para 125V de 0 a 30 Amp, dan protección al circuito contra sobrecarga y cortocircuito, al variar el tiempo de fusión en forma inversa a la magnitud de la corriente que pasa por ellos.

Para corrientes mayores se recomienda el de tipo cartucho hasta 600V con corrientes que van desde un amperio hasta 6000 amperios. El CEN en la sección 240-6 señala las capacidades de corriente normalizadas para elementos fusibles e interruptores automáticos. Existe otro modelo para corrientes mayores que son del tipo bayoneta, consistente en un cilindro de cartón o fibra, con terminales planos que encajan en forma ajustada en contactos a presión de un portafusible.

Para efectuar la reposición de un fusible dañado se requerirá una herramienta aislada que permite enchufar el fusible en su sitio.

El fusible se caracteriza por su curva de respuesta, en gráficos de tiempo contra corriente. El tiempo de fusión dependerá de la aleación del elemento usado, siendo la plata el más rápido; en el caso del cobre se considera más lento que la plata de 10 % a un 15 %. Cuando se desee coordinar fusibles con otros dispositivos de protección habrá que tomar en cuenta la curva característica de los mismos, En la Figura N° 25 se muestra las características de dos fusibles existentes, en el mercado nacional.

4.4 TABLEROS

Se denomina así a un panel o grupo de unidades de paneles, diseñados para ensamblaje de un sistema de barras, con interruptores o sin ellos. Pueden ser los interruptores automáticos o no contra sobrecorriente. Estos interruptores se usan también para operación de los circuitos de iluminación, tomas de uso general o fuerza. El tablero podrá estar formado por un gabinete autosoportante o bien en una caja embutida en pared o tabiques. El acceso al mismo será siempre por el frente donde habrá una tapa cubre barras y protecciones, además, una puerta con bisagra que puede o no tener cerradura. Un tablero puede disponer de espacio necesario según el diseño, para alojar medidores de tensión, corriente, potencia, energía o frecuencia, de acuerdo a las exigencias del usuario.

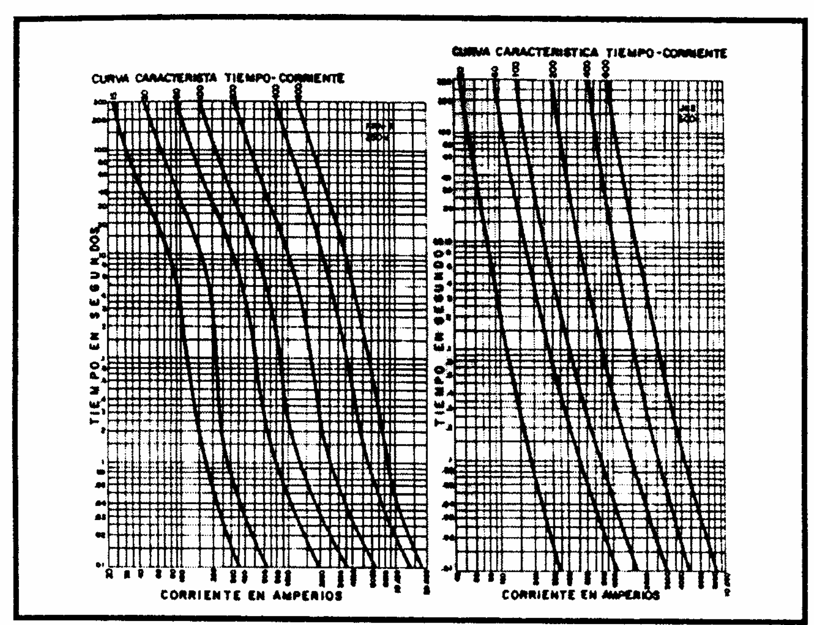


Fig. N° 25. Curvas características de fusibles.
Fuente: Catálogo de BUSSMAN (INDUESCA - Caracas).

Todo tablero estará construido de material incombustible, conforme a las normas COVENIN, NORVEN del año 1968. El CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL establece en la sección 384 las características que debe poseer un tablero para alumbrado y fuerza, que se describen a continuación:

a. **CAJA METÁLICA:** Si se trata para embutir, con lámina de acero galvanizada N° 16 con troqueles para entrada de tubería. Tipo superficial, con lámina de acero N° 14 pintada, sin salidas para tubos.

b. **CHASIS DE FIJACIÓN:** De lámina calibre N° 16 galvanizada, fijado con tornillos cadmiados o similares y soportes aisladores para barras de fase.

c. **PUERTA Y FRENTE:** De lámina de acero pintada de 1/8", bisagras semiocultas cerraduras de llave única, bandeja removible, tarjetero para identificación de circuitos y etiqueta de identificación.

d. **PINTURA:** Base antióxido de fondo, pintura gris eléctrico o pintura martillada, secada al aire o en horno

e. **BARRAS DE FASE:** Serán de cobre electrolítico cadmiado, densidad de corriente 150 A/Cm^2, capacidad de interrupción superior al interruptor principal, fijas al chasis con aisladores, separación mínima entre fases 2 cm., con capacidad de corriente hasta 4000 Amp.

f. **BARRAS PARA CONEXIONES DE NEUTROS Y TIERRAS:** Serán de cobre electrolítico cadmiado, plateada o similar, de igual capacidad que las barras de fase, fijas al chasis con aisladores de bakelita, separación mínima de las barras de fase 5 cm, de igual número de conectores que salidas.

g. **INTERRUPTORES RAMALES:** Interruptores automáticos termomagnéticos, de 1, 2 ó 3 polos conforme a las necesidades de capacidad según diseño desde 15 amperios en adelante, con conectores de presión para cables de entrada en cobre o aluminio, conectados a las barras de fase por platinas de cobre para 4,6,8,12,18,24,30,36, ó 42 salidas monopolares como máximo, con cierto espacio de reserva.

h. **INTERRUPTOR PRINCIPAL:** Interruptor automático termomagnético, bipolar o tripolar desde 15 Amp, hasta 600 Amp, para tableros de alumbrado y hasta 5000 Amp, de fuerza, conectado a las barras de fase por platinas; para desconectar al alimentador de llegada de cobre o aluminio, La capacidad de interrupción de este dispositivo será igual o menor que la de las barras de fase.

En la Figura N° 26 se muestra un esquema de un tablero tipo, de 12 salidas, 10 activas más 2 de reserva. Bifásico 120/240V, con interruptor principal de 2 x 70 Amp, salidas secundarias 2 de 1 x 15 Amp, 3 de 1 x 20 Amp, 1 de 1 x 30 Amp, 1 de 2 x 20 Amp, y 1 de 2 x 40 Amp, barra de neutro para 12 salidas, debidamente aterrado.

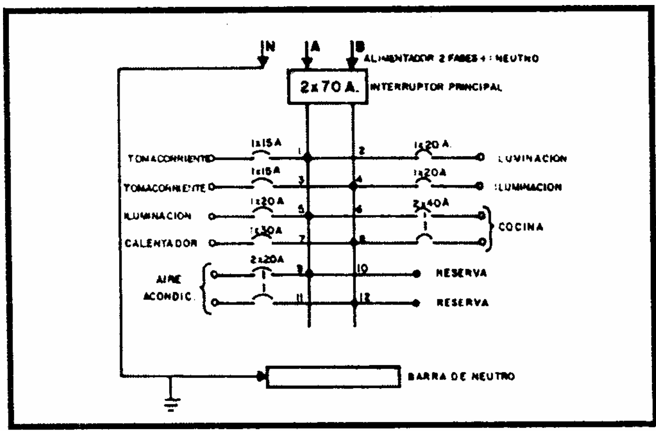
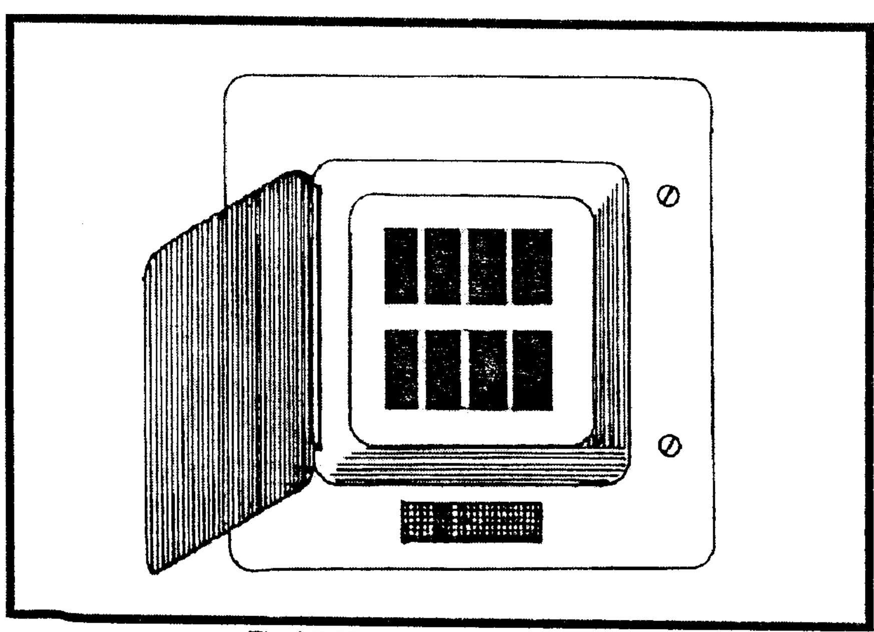


Figura N° 26. Tablero bifásico tipo.

Desde el punto de vista de la función que cumple un tablero dentro de un sistema eléctrico, como puede ser el caso de un edificio residencial, se presenta a continuación de la acometida un tablero principal y uno o varios subtableros que pueden ser seccionales o subseccionales. Se acostumbra en todo proyecto de instalaciones eléctricas presentar un diagrama unifilar donde se indican todos los tableros con sus protecciones y los alimentadores, subalimentadores y circuitos secundarios, señalando los calibres de conductores, tipo de aislamiento y diámetros de la tubería utilizada.

En las Figuras Nos. 27 y 28 se presentan en la parte frontal de un tablero típico residencial de 8 salidas y otro tablero de alumbrado tipo Normal Lighting Board (NLAB), especialmente diseñado para cargas de iluminación y uso general respectivamente. El segundo se puede utilizar en una vivienda que así lo requiera, de acuerdo al número de circuitos o a la carga instalada, o bien, a nivel comercial o industrial.


Fig. N° 27. Tablero tipo residencial.
Fuente: Catálogo ANATAVE.

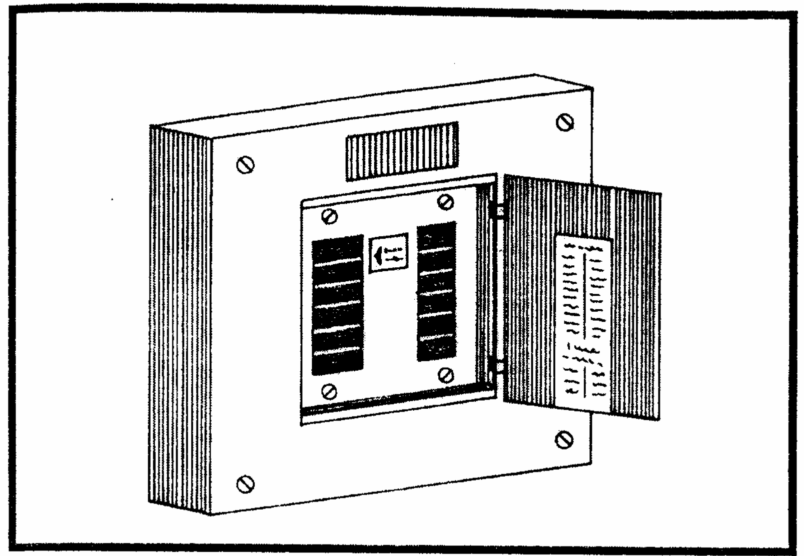


Fig. N° 28. Tablero de alumbrado tipo NLAB.
Fuente: Catálogo ANATAVE.

4.5 CUADRO DE MEDIDORES

Un cuadro de medidores por lo general se construye en un sitio donde están agrupados un número determinado de suscritores, pudiendo ser del tipo residencial, comercial o de oficinas. Este cuadro de distribución podrá estar empotrado en paredes o tabiques o bien en forma de paneles o escaparates superficiales. Contendrá equipos de protección, medidores, barras de fase y neutro. Estará tanto la caja como el neutro debidamente aterrados por separado. Cuando un grupo de suscritores están agrupados, la forma de disponer los medidores es la siguiente:

a. En forma individual, uno para cada casa o apartamento.

b. En forma **grupal,** centralizados en un lugar del edificio, por ejemplo uno por piso y,

c. En forma **general,** en un cuadro único para todo el conjunto; éste es el más utilizado y exigido por las empresas eléctricas en Venezuela. En las Figuras Nos. 29, 30 y 31 se ilustran las 3 formas de disponer los equipos de medición para un grupo de suscritores. Cuando se trata de edificios de gran altura, ya sea de 15 pisos o más, acostumbran a exigir las compañías de electricidad un cuadro de medidores para cada diez pisos. Las dimensiones y características del cuadro de medidores y su ubicación por lo general las define la compañía suministradora de energía eléctrica que tiene sus normas y procedimientos. El cuadro de medidores una vez instalado, será revisado y aprobado por el Cuerpo de Bomberos de la localidad a fin de que cumpla con el Artículo 46 de las Normas Contra Incendio (COVENIN) vigente. Al cuadro de medidores llega la acometida general en baja tensión del edificio. Se instalan barras de fase y neutro, para que desde allí salgan las múltiples salidas a cada abonado. Seguidamente viene la protección de desconexión y reconexión que la operará la empresa eléctrica, instaladas en un compartimiento aparte protegidas con puerta y cerradura. La llave estará en poder de la compañía de electricidad. A continuación, en otro compartimiento los medidores correspondientes a cada suscritor, también con su puerta, cerradura y ventana de vidrio para poder observar la lectura a facturar. Finalmente, otro compartimiento donde estará la protección individual de cada abonado que tendrá también su puerta y cerradura, la que podrá estar en poder del conserje del edificio a fin de que cada uno pueda operarla en caso de necesidad.

En el Capítulo X aparte 10.5, se ilustra el procedimiento a seguir para diseñar un cuadro de medición para servir a un grupo de suscritores residenciales.

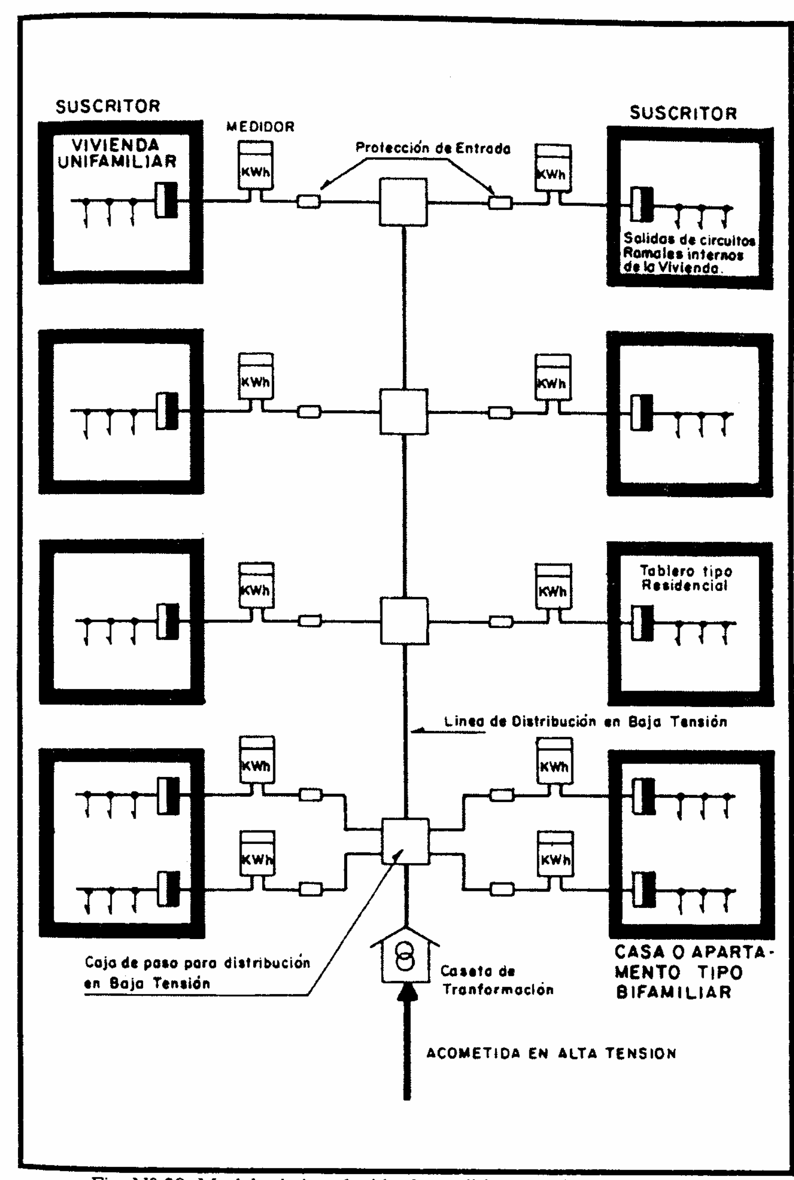


Fig. N° 29. Modelo de instalación de medidores en forma **individual**.

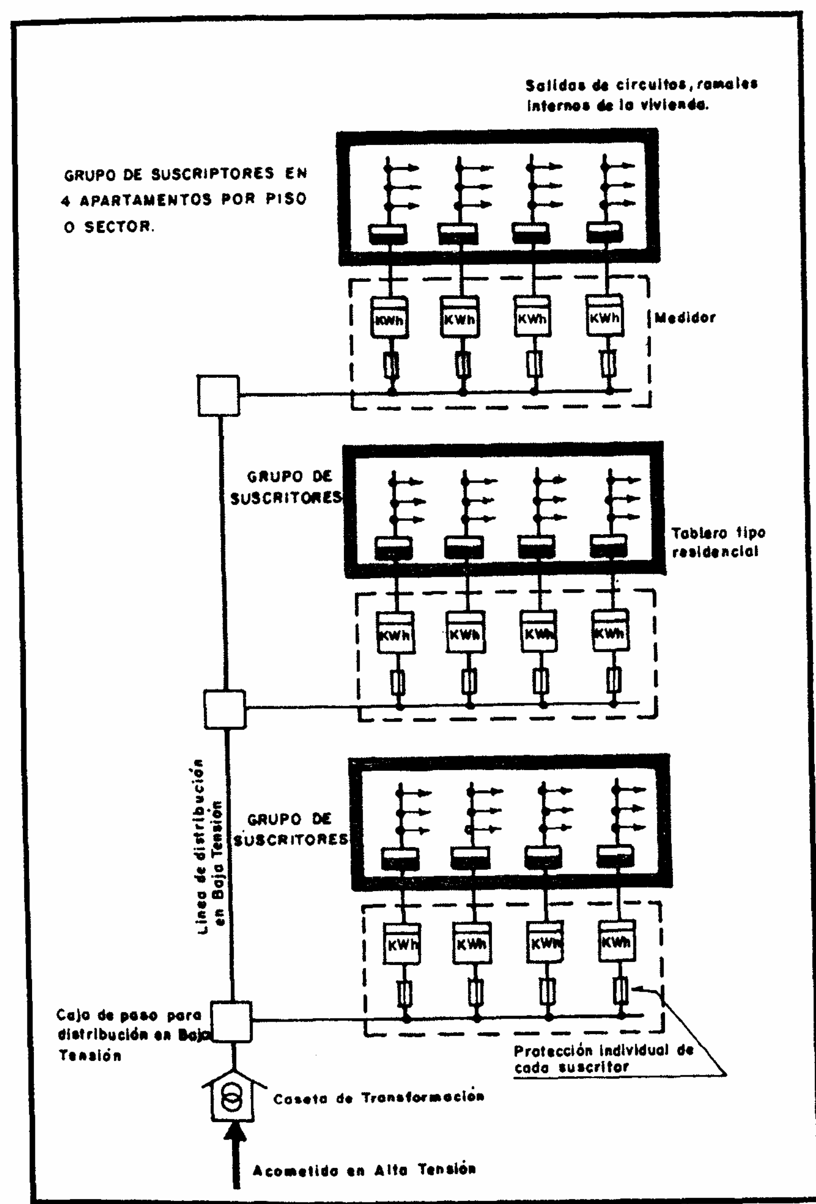


Fig. N° 30. Modelo de instalación de medidores en forma **grupal**.

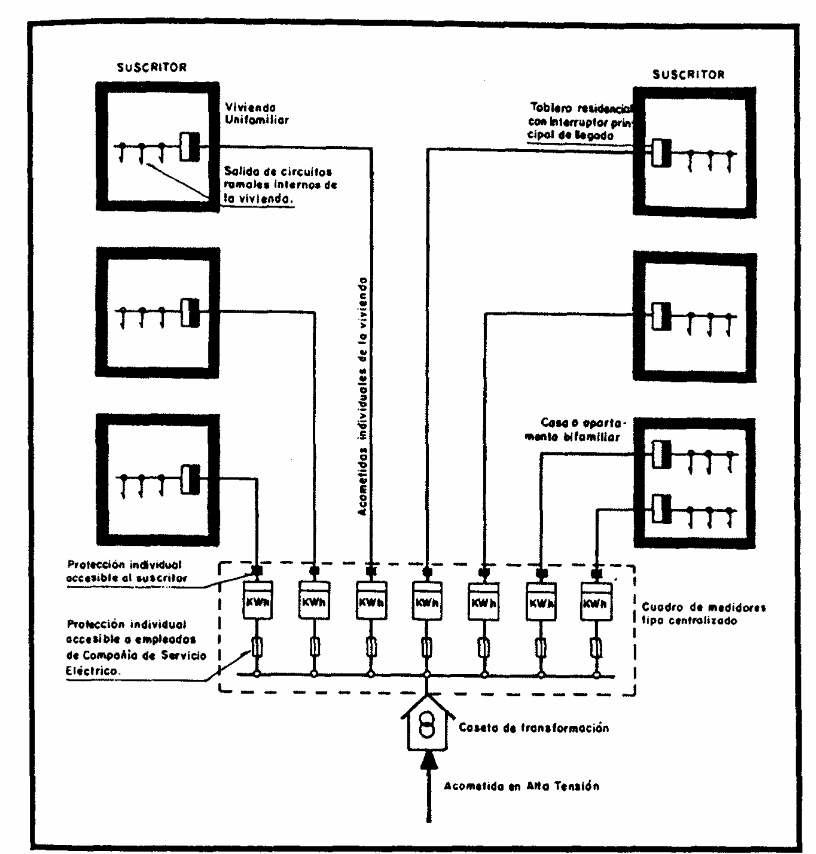


Fig. N° 31. Modelo de instalación de medidores en forma general.

4.6 PUESTA A TIERRA

Se denomina así a la conexión física que se realiza entre las partes no conductoras de un equipo eléctrico y tierra. Esto se realiza con el fin de limitar la tensión en las partes metálicas de los equipos para evitar que alcance valores peligrosos para la vida de un ser humano. En caso de falla del aislamiento de un equipo el hecho de conectarlo a tierra, crea un camino de baja impedancia para el drenaje de la corriente. Así mismo el hecho de aterrar un equipo impide que se acumulen cargas electrostáticas en el equipo que eventualmente podría provocar una explosión en ambientes de cierta peligrosidad explosiva.

A nivel residencial es obligatorio conectar a tierra todos los equipos electrodomésticos no portátiles tales como: refrigerador, congelador de alimentos aparatos de aire acondicionado, lavadora de ropa, secadora de ropa, lavaplatos, bombas, equipos de acuario, tableros, caja de medición, etc. En las residencias que poseen canalizaciones con tubería metálica se favorece el aterramiento en ellas de cajetines y equipos, aunque lo ideal es conectar todos los dispositivos, tomacorrientes de uso general y especial, a un cable de tierra que irá a conectarse en el tablero y este con el cable de puesta a tierra del sistema interno de la vivienda. El Sistema de puesta a tierra de la residencia, se puede conectar a las tuberías de aguas blancas, si se trata de hierro galvanizado o cobre. Otra solución sería instalar una barra de tierra Copperweld de 5/8" x 2.44 m (tamaño convencional de barras de tierra utilizado en Venezuela) enterrada en donde haya cierta humedad en el terreno. Estas suelen ubicarse en áreas tales corno jardines de la vivienda o en tanquillas de acometida a la residencia y conectar, mediante alambre de cobre desnudo N° 4, al sistema de tierra.

El CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL en la sección 250, tablas 25094 y 250-95 señala los calibres de conductores a utilizar para la puesta a tierra, según el calibre de la acometida y conforme a la capacidad de corriente del dispositivo de sobrecorriente del circuito que se trate. (Véase. Apéndice A) Tabla N° 1 l).

Todo conductor de puesta a tierra deberá estar sólidamente conectado a las barras, equipos, o punto de aterramiento, utilizando conectores con tornillos o de compresión, a fin de no crear resistencias de contactos artificiales que dificultarían el drenaje de la corriente, en caso de falla en los equipos. En ciertos casos se podrá utilizar conexiones soldadas, utilizando soldadura en caliente tipo "Cadweld" o similar.

También es obligatorio el aterramiento en cuadro de medidores, centros de control de motores, tableros de distribución, bancos de transformación, estructuras de soporte de equipos eléctricos, etc. En la medida que aumenta la potencia de los equipos y la tensión de trabajo, los sistemas de tierra irán creciendo en complejidad, formando mallas de tierra y debiendo cumplir con valores mínimos de resistencia a tierra establecidos en el CEN.

4.7 PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA

Los resultados de estadísticas que se llevan a nivel internacional de las muertes de tipo doméstico, en una gran mayoría se atribuyen a las descargas eléctricas producidas por contacto de las personas con equipos electrodomésticos. Cuando existe una falla en el aislamiento o en las conexiones de un equipo se puede presentar el caso de recibir una descarga eléctrica en forma de calambre. El grado de severidad de este tipo de riesgo se mide en función de la corriente que puede soportar un ser humano. Conforme a experimentos de laboratorios se ha llegado a determinar que corrientes por debajo de los 30 Miliamperios, no afectan al ser humano. Los sistemas que se utilizan normalmente para prevenir los riesgos de las fallas a tierra es la puesta a tierra descrita en la sección anterior. También se pueden conectar todos los equipos mediante la "puesta a neutro". En el primer caso, la puesta a tierra protege contra fallas aisladas de partes bajo tensión accidentalmente; pero es ineficaz para proteger al usuario del contacto con partes normalmente bajo tensión. La corriente de falla en puesta a tierra será pequeña, aunque puede ser peligrosa según su valor. En caso de tocar partes conductoras la corriente puede ser mortal.

Cuando se trate de puesta a neutro, o sea todo equipo conectado al neutro, esto hará que al producirse una falla se dispare la protección de cortocircuito, lo que protegerá al hombre que toque el equipo accidentalmente. Este sistema, no obstante lo señalado no es muy confiable, pues en caso de que el contacto con el neutro se dañe, se anularía la protección; además, algunas veces el neutro de la red no está a cero voltios, como debería ser por los altos valores logrados de resistencia de tierra.

Existe un dispositivo denominado "Interruptor de fallas a tierra", se le conoce también con el nombre de "Protección diferencial". Para la explicación del funcionamiento del dispositivo se pondrá como ejemplo un suscritor residencial conectado a una red de distribución de la compañía de electricidad, en donde el centro de la estrella de un banco trifásico está sólidamente conectado a tierra.

Si en un circuito de 120V (fase y neutro) que alimenta una luminaria, circula una corriente de un Amp, normalmente al presentarse una falla en el equipo por defecto del aislamiento y tocar la luminaria, habrá una pequeña corriente de fuga a través del cuerpo del operador, digamos de 15 mAmp, pero entrarán 1,015 Amp, y retornará 1,000 Amp, como en el primer caso. Este incremento en la corriente no lo detecta la protección de sobrecorriente y no se dispara. Pero si colocamos una protección diferencial (PD) lo detectará si está dentro de su valor mínimo de disparo que es 15 mAmp (Véase Figura N° 32).

Este dispositivo está compuesto por un mecanismo de detección y otro de desconexión. El primero está formado por un transformador en forma toroidal y en su interior se hacen pasar los conductores activos incluyendo el neutro. En el secundario del transformador se induce una tensión producida por la corriente diferencial de los conductores alimentadores del circuito. Esta tensión será la señal que dispara el mecanismo de desconexión en un tiempo relativamente corto de 1.5 ciclos (25 m seg), y consiste en un sistema magnético que actúa por desviación del flujo. Por lo general poseen un pulsador de prueba y en algunos casos, dependiendo del fabricante, producen el (PD) combinado con protección de sobrecarga para el circuito en una sola unidad. En la Figura N° 33, se ilustra un esquema de funcionamiento de los interruptores de protección por corrientes de defecto en ejecución combinada para un sistema de dos fases y neutro.

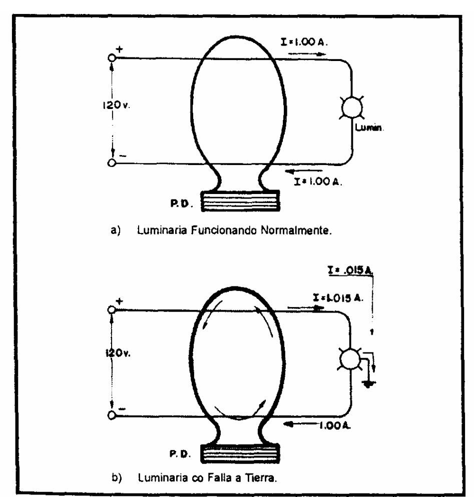


Fig. N° 32. Esquema de un dispositivo de detección de falla a tierra
Fuente: Catálogo SIEMENS, S. A.

Para la escogencia de los mismos se tomará como base la tensión del circuito, monofásico, bifásico o trifásico, la corriente de carga de 20 Amp en adelante y la corriente de falla desde 5 mAmp, hasta 30 mAmp, ó 50 mAmp, según las necesidades. En áreas industriales existe la tendencia de colocar (PD) en cada motor o grupo de motores, en los subalimentadores según las necesidades y continuidad de servicio. A nivel residencial es criterio de algunos proyectistas colocar un único (PD), junto a la protección principal, después del medidor, pero esto hace que en un momento dado de falla, se quedará toda la vivienda sin servicio. Es recomendable, aunque sale más costoso, instalar (PD) en circuitos críticos de fallas tales como: en tomacorrientes de baños, garaje, tomacorrientes y luminarias exteriores, timbres de entrada, en tomas de cocina, en lavadero y tomacorriente para calentador de agua. A fin de reducir el número de (PD) a instalar para bajar los costos de instalación, a nivel de proyecto, se agruparán los puntos críticos en un mismo circuito, en dos, o en tres. El proyectista analizará en cada caso cuál sería la selección más favorable para los intereses del cliente.

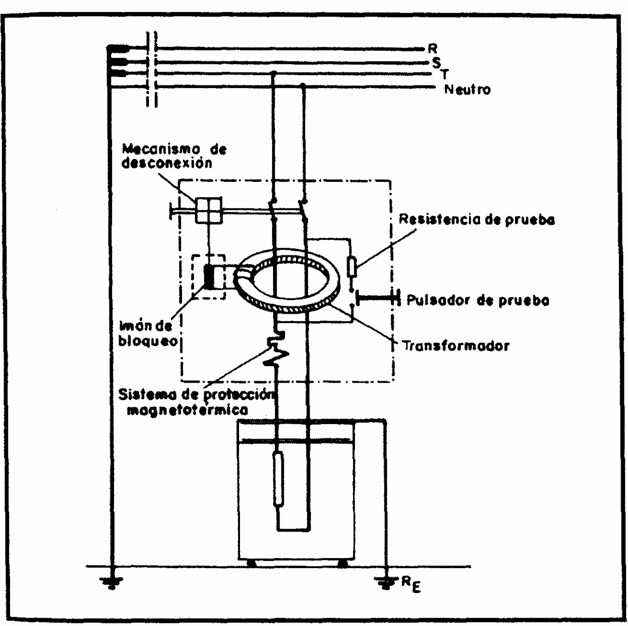


Fig. N° 33. Esquema de funcionamiento de un interruptor por corriente de defecto en ejecución combinada.
Fuente: Catálogo SIEMENS S. A.

CAPITULO V

CONDUCTORES ELÉCTRICOS

5.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS METALES

Se define como conductor al material metálico, usualmente en forma de alambre o cable, adecuado para el transporte de corriente eléctrica. En casos especiales el conductor puede tener formas de hilo, varillas, platinas, tubos o barras. De acuerdo a los componentes del material de su aleación el conductor tendrá una conductividad que lo caracteriza, los más importantes son: el platino, plata, cobre, aluminio, hierro, etc. Tomando como base la plata, la conductividad relativa en otros metales es la siguiente:

Plata:	100%
Cobre:	94%
Aluminio:	57%
Hierro:	16%

La conductividad real a 0º C es la siguiente:

Plata:	66	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Cobre:	64,5	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Oro:	49	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Aluminio:	40	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Magnesio:	25,4	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Sodio:	23,4	$(\text{ohmios.m})^{-1}$

Tungsteno:	20,4	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Potasio:	16	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Litio:	11,8	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Hierro:	11,5	$(\text{ohmios.m})^{-1}$
Cesio:	5,2	$(\text{ohmios.m})^{-1}$

5.2 CONDUCTORES DE COBRE Y ALUMINIO

Los más utilizados, de mayor importancia en ingeniería eléctrica y en especial para la industria del ramo, es el cobre y el aluminio. Para usos especiales está la plata, el platino o el acero. Con respecto al cobre y aluminio tienen un costo de producción bastante más bajo que los otros y el comportamiento desde el punto de vista eléctrico es excelente; por ello se usan preferentemente en instalaciones eléctricas y equipos en general. Conforme a sus características y propiedades poseen las áreas de utilización bien definidas. Desde el punto de vista económico, se debe destacar que el cobre no se produce en Venezuela en cantidad suficiente, debiéndose importar de Chile, Canadá, Corea, Rhodesia u otros países, variando su costo según el precio del mercado internacional y, por consiguiente, también de las fluctuaciones propias del dólar. El aluminio, como es del conocimiento general, se produce en el país y en los últimos tiempos la producción del mismo ha ido incrementándose. Varias empresas mixtas, entre el Estado y capitales privados venezolanos y extranjeros, se dedican a la explotación de la bauxita, produciendo el aluminio en el área de Guayana, utilizando la electricidad, la cual se obtiene a bajo costo en esa zona y en abundancia, aprovechando la energía hidroeléctrica de los ríos del lugar. Por tal motivo en Venezuela el aluminio resulta más económico que el cobre, aparte de otras razones que se exponen más adelante.

El cobre es un metal de color rojizo, dúctil y maleable, se puede fundir, forjar en láminas y estirarlo por medios mecánicos. En principio, del metal se obtiene el alambrón, que es macizo, de sección circular producido por laminación o "extrusión" en caliente; luego por "trefilación" y laminación en frío se produce el alambre de cobre. Las propiedades físicas del cobre son las siguientes:

Peso específico:	8,9 gr/cm^3
Punto de fusión:	1083º C
Resistividad:	0,017 $\Omega.mm^2/m$
Para el aluminio se tiene:	
Peso específico:	2,7 gr/cm^3
Punto de fusión:	660º C
Resistividad:	0,028 $\Omega.mm^2/m$

El alambre de cobre se presenta en el mercado nacional en las formas siguientes: duro, semiduro y blando recocido. En el primero, el cobre es resistente y se puede trabajar con cierta dificultad, no se usa en instalaciones interiores; sino en la elaboración de componentes tales como: grapas, conectores, platinas, barras, etc. El semiduro es el que se produce con características mecánicas intermedias entre el duro y el blando para fines que así lo requieran tales como bornes, contactos en tableros, láminas, etc. El blando o recocido se logra a partir del cobre duro, mediante un calentamiento progresivo y aplicando el estirado y laminado también progresivamente. Es por estas condiciones que se puede trabajar mejor, aunque su resistencia mecánica es menor que el duro. El cobre recocido se utiliza en la elaboración de hilos y cables utilizados en canalizaciones eléctricas. Por su parte, el aluminio también se obtiene en forma similar, lográndose el tipo recocido de dureza media, tres cuartos de dureza y duro. El aluminio mezclado con acero, o en aleaciones especiales, logra mejor la resistencia mecánica.

Comparando el cobre y el aluminio se puede concluir que el primero es 2 veces más pesado que el otro, teniendo el aluminio una resistividad 1.65 veces mayor que la del cobre. El volumen del aluminio es mayor y en ciertos casos habría que tomarlo en cuenta como desfavorable. Debido a que muchas partes de equipos de protección, maniobra, transformadores, etc., son de cobre, es necesario que el empalme cobre-aluminio se haga con conectores especiales; además, esto hace que se requiera una mano de obra especializada que trabaje los contactos con especial cuidado, a fin de que ni el sudor de las manos toque el empalme, pues podría ser el comienzo de una oxidación galvánica. En la superficie del aluminio suele formarse una capa de óxido por el contacto con el aire, la cual es resistente y transparente, posee altas propiedades dieléctricas, es químicamente estable y resistente a la corrosión, exceptuando los ácidos hidroclorídicos, hidrofluorídicos, oxálicos y álcalis fuertes.

El conductor de aluminio de igual capacidad de corriente, o del mismo orden que la del cobre, posee mejores características de cortocircuito que su equivalente en cobre.

Para lograr la sección de alambre de cobre, a partir de la del aluminio equivalente, se obtiene de la forma siguiente para el caso del N° 6.

13,30 x 0.61 = 8,11 mm2 (Factor multiplicador 0.61)

Por consiguiente, la sección equivalente en cobre es la N° 8. En la mayoría de los casos, el conductor de aluminio equivalente, de capacidad de corriente del mismo orden, es dos números más en la escala respectiva de calibres vigentes que se consigue en el mercado nacional.

En estudios económicos que se han realizado, tomando en cuenta no solamente el aspecto de producción del alambrón, sino los costos de instalación y evaluando los inconvenientes que ocasionan el uso de uno y otro, se ha llegado a la conclusión de que el aluminio es económicamente utilizable a partir de una sección de 33.63 mm^2 o sea el número 2 en adelante. Su principal aplicación es en redes aéreas, líneas de distribución, subtransmisión y transmisión. En canalizaciones subterráneas son empleados en conductores de acometidas, en subalimentadores y alimentadores en edificaciones; también en redes subterráneas especiales para alumbrado público en baja tensión. Esto ha sido una práctica común que ha venido utilizando el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (hoy Ministerio de Infraestructura) organismo que en Venezuela construye autopistas, carreteras y vías en general, así como también el alumbrado de las mismas.

5.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Un conductor puede estar formado por uno o varios hilos, siendo unifilar o multifilar, cableado o trenzado. Cuando el conductor es cableado puede ser normal, flexible o extraflexible, de acuerdo al grado de flexibilidad que se le da al número de hilos delgados que lo componen. En la medida que aumenta en número mejora esta propiedad. Los cables flexibles son empleados en equipos portátiles, tales como: televisores, planchas, ventiladores, radios, etc. En la sección 400 del CEN COVENIN 200, están las disposiciones, tablas y demás informaciones relativas a Normas de fabricación de "Cordones y Cables Flexibles".

El cableado puede hacerse en forma concéntrica, circular, compactado, comprimido sectorial o anular, según se haya procesado el paquete de hilos para fines específicos. La Norma COVENIN 553-81 establece las características de los procesos de fabricación.

Los conductores de un solo hilo se denominan sólidos y se utilizan hasta el N° 10 en instalaciones residenciales, comerciales o de oficinas. Para calibres mayores se emplean cableados, para facilitar el manejo en el proceso de instalación.

5.3.1. Conductores desnudos.

Conforme a las necesidades un conductor eléctrico podrá estar al aire montado sobre soportes aislados de vidrio o porcelana, en redes aéreas, en líneas o redes de distribución, o líneas de alta o muy alta tensión. Para el caso de redes subterráneas, o bien en canalizaciones eléctricas residenciales, comerciales o industriales, se emplean conductores aislados. Los conductores desnudos también se utilizan para la puesta a tierra, para barras en sistemas de distribución industrial, barras también en tableros suspendidos por aisladores y para aterramiento de transformadores, pararrayos o el neutro de una red de distribución.

5.3.2. Conductores aislados.

Cuando un grupo de conductores van dentro de una canalización deben estar aislados, para mantener fuera de contactos entre sí, con tierra o estructuras.

Todo conductor estará aislado cuando se recubra con una capa aislante cuya conductividad eléctrica es nula o muy pequeña. El aislante y el componente metálico de un conductor deben estar elaborados de tal forma que resistan los agentes externos que se indican a continuación:

Agentes mecánicos: Tales como presión, abrasión, elongación y dobleces a 180º.

Agentes químicos: Agua, humedad, hidrocarburos, ácidos y alcalinos.

El material aislante debe soportar a los anteriores a fin de que no se produzcan desprendimientos de sus partes, agrietamiento, escamas o bien que disminuya su espesor.

Agentes eléctricos: El fabricante debe garantizar la rigidez dieléctrica del aislante, estableciendo un control de calidad estricto donde se fijan los Kilovoltios mínimos y máximos de prueba.

Fundamentalmente la aislación de los conductores eléctricos se fabrican y están a la disposición del consumidor según las especificaciones de trabajo siguiente:

Cables para comunicaciones.
Cables para control o sonido.
Cables para 300 voltios.
Cables para 600 voltios.
Cables para 5000 voltios.
Cables para 15000 voltios.
Cables para 25000 voltios.
Cables para 35000 voltios.

Cables para más de 35000 voltios (se fabrican en Venezuela mediante pedidos especiales).

El CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL en la sección 310, “Conductores para instalaciones de uso general”, establece las disposiciones generales que deben cumplir los conductores eléctricos. En la Tabla 310-13, "Aislantes de los conductores y su uso", se indica el nombre comercial del aislante, el tipo (abreviatura), la temperatura de funcionamiento; usos y aplicaciones, los aislantes desde el punto de vista de la composición química, calibres disponibles, espesor del mismo y tipo de cobertura exterior.

Para uso residencial se emplean conductores de baja tensión para 600V. En canalizaciones eléctricas de iluminación y fuerza, los aislantes más utilizados son TW, THW y TTU. El primero (TW) es de termoplástico resistente a la humedad para uso general. El THW termoplástico resistente a la humedad, retardante de la llama, especial para motores y el TTU polietileno PCV se utiliza para acometidas residenciales y redes subterráneas, temperatura de trabajo 75°C., también se fabrica para 90°C. El TTU excelente PCV, viene con cinta Mylar excelente y chaqueta de PVC. Existe una gran variedad de aislantes que tienen su aplicación en áreas industriales tales como: asbesto, goma, tela, barniz, resinas, plásticos, polietileno, mica, etc. La temperatura de operación es un dato de gran importancia para el proyectista, pues en base a esto, se escoge el aislante adecuado. Para saber el tipo de ambiente habrá que considerar en qué condiciones está la canalización que aloja los conductores o bien si estos van a la vista. En este caso la capacidad de corriente del cable aumenta en comparación con el conductor que está confinado. Todo conductor deberá trabajar a una temperatura por debajo del punto de fusión del aislante con margen de seguridad dos como mínimo. EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL en Tablas 310-16,17, 18 y 19 establecen la capacidad de corriente permisible para conductores aislados a 30°C. También presenta factores de corrección para el caso de temperaturas superiores a la señalada. (Véase el Apéndice "A" al final del texto).

Se puede comprobar fácilmente que a medida que aumenta el número de conductores en ducto aumenta también la temperatura, por consiguiente, para no sobrepasar la especificación del fabricante se aplican factores de corrección que vienen incluidos al pie de las tablas, a fin de no provocar el efecto destructor del aislante por exceso de temperatura. EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL en la sección 310. Nota N° 8 presenta la información señalada en la Tabla N° II.

Para ilustrar el procedimiento a seguir se tiene: un conductor de cobre aislamiento TW calibre N° 6 para una temperatura de régimen de 60°C, capacidad de corriente de 55 amperios. Si ese conductor se utiliza en un ambiente donde la temperatura es de 45°C, el factor de corrección resulta $F_t = 0,71$. La corriente que debe soportar el conductor resultará para tres conductores en ducto: (Tabla N° 1-1 del Apéndice).

Ic = 55 x 0,71 = 39,05 Amp.

En caso de que se tengan 18 conductores en un mismo ducto se aplicará al valor anterior el factor correspondiente obtenido de la Tabla N° II, resultando una corriente permisible de:

Ic = 39,05 x 0,7 = 27,33 Amp.

Tabla Nº II
Corriente Permisible de Conductores en Ducto

Número de Conductores	Porcentaje de Valores de las Tablas 310-16 a la 18
1 a 3	100 %
4 a 6	80 %
7 a 24	70 %
25 a 42	60 %
43 o más	50 %

5.3.3. Cables de semiplomo.

Se denomina así a los conductores cableados que llevan una cubierta de plomo o semiplomo como se utiliza actualmente. El plomo por su costo elevado ha sido reemplazado por un termoplástico de alta resistencia y retardante de llama. Se utiliza en aplicaciones diversas en instalaciones residenciales, especialmente en instalaciones provisionales, a la vista, o bajo friso sin tubería. Es frecuentemente usado en la construcción de viviendas de interés social y en general, en aquellas instalaciones que no requieran tuberías y accesorios.

5.4 CONDUCTORES PARA COMUNICACIONES Y CONTROL

Las empresas fabricantes de conductores eléctricos suelen presentar los cables de control formados por 21 conductores, o menos, pudiendo llegar hasta 60 con un código de colores para identificación, con trazos y señales que la facilitarán. Los calibres disponibles van del N° 16 al N° 10, se prefieren aislantes tales como PVC-PVC (Cloruro de polivinilo), para 600V.

Los cables para telefonía se fabrican de a pares de cables, desde el calibre N° 24, 22, 20 y 18 según las necesidades. El aislante puede ser de tela, barniz, plástico, etc., según el uso y aplicación que se le dé. La gama de cables multipares es amplia y se denominan según ciertos fabricantes tipo "TDI".

Los hay de 1 par, 2, 5, 10, 25, 35, 50, 75, 100 hasta 5000 pares.

A nivel residencial con cables de 1 par máximo N° 22, es suficiente, estos se pueden alojar en una tubería de ϕ ¾“. En edificios se utiliza por lo general 1 par por apartamento, más un 20% adicional; por lo general se emplean cables de 5 pares en delante de acuerdo a las necesidades. CANTV posee un reglamento de servicio donde establece las características de construcción de las instalaciones telefónicas en edificio residencial, las cuales serán convenientes consultar en el ámbito de planificación y diseño.

A pesar de que los conductores para comunicaciones suelen ser delgados se requiere, en todos los casos, de tuberías de mayor diámetro que las requeridas para los cables de potencia, a fin de facilitar el paso de los conductores por las mismas y evitar el daño del aislante con el roce.

Existen cables coaxiales, o sea aquellos formados por un hilo sólido central, abierto con una banda aislante y luego el conductor exterior en forma de malla recubriendo el primero. En comunicaciones se emplean de diversos calibres, de 75 ohmios que son los más comunes para uso residencial, en instalaciones de antenas de radio, y para antenas de TV, como es el cable plano paralelo para uso a la vista. En sonido suelen utilizarse pares de cables retorcidos, con aislamiento TW, calibres 2 x 18 - 2 x 16 o bien 2 x 14 según las necesidades.

5.5 CALIBRES DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

El origen de la denominación de los calibres de los conductores eléctricos reconocidos en la Norma COVENIN 200 (CEN), provienen de la AWG (American Wire Gauge), que significa Sistema de Calibres Americanos. En los países Europeos y en la gran mayoría de América Latina los conductores se identifican por su sección en milímetros cuadrados. En Venezuela se identifican los tamaños de los conductores por su sección correspondiente a números que van de menor a mayor como se indican a continuación: 24, 22, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2, 0, 00, 000, 0000, (estos cuatro últimos se abrevian así 1/0, 2/0, 3/0, 4/0. Continúa con: 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 750, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750 y 2000 MCM. (Mil Circular Mil).

El Circular Mil (CM) se define como el área de la sección normal de un conductor que posee una milésima de pulgada de diámetro (25,43 x 10^{-3} mm) de tal forma que resulta:

$$Circular\,Mil\,(CM) = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3{,}1416 \cdot \left(1x10^{-3}\right)^2}{4}$$

$$CM = 0{,}7854 \times 10^{-6}\ plg^2$$

En el sistema métrico se tiene:

$$CM = \frac{3{,}1416 \cdot \left(0{,}0254\right)^2}{4} = 5{,}065 \times 10^{-4}\ mm^2$$

Para una sección de conductor de 1 mm^2 se tendrá:

$$N^{o}\ de\ CM = \frac{1\ mm^2 \times 1\ CM}{5{,}065 \times 10^{-4}} = 1974$$

En el caso del conductor Nº 12 de cobre que posee una sección de 3.309 mm^2 se tendrá:

$$N^{o}\ de\ CM = 1974 \times 3.309 = 6530\ CM$$

Considerando que 1000 CM = 1 MCM (Mil Circular mil), resulta:

$$\text{Nº de CM}(\text{para el Nº12}) = 6{,}53\,\text{MCM}$$

Análogamente, para el conductor de sección de 126.644 mm^2, se tendrá:

$$\text{Nº de CM} = 250\,\text{MCM}$$

5.6 IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES

Según el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL, los conductores eléctricos aislados deberán ser identificados con marcas permanentes en su superficie a intervalos no mayores de 60 cm. En casos de cables multipolares se identificarán con cintas, o por etiquetas, en casos especiales. Los conductores usados para el neutro, serán blancos o grises, para la puesta a tierra de equipos se utilizará color verde o verde con franjas amarillas.

Los conductores activos monopolares o multipolares se distinguirán del hilo neutro o de puesta a tierra y podrán ser negros, rojos, azules o amarillos, preferentemente.

En todo proyecto, en el área de las especificaciones del mismo, deberá señalarse el Código de colores a utilizar, el cual será de estricto cumplimiento.

5.7 EMPALMES DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Se define como el punto donde se unen los extremos de dos o más alambres o cables mediante un método apropiado, cuando se efectúa su instalación. Deberá hacerse una diferenciación cuando el empalme es en líneas aéreas, que cuando es un conductor aislado ubicado en una canalización. En el primero soportará el mismo una tensión mecánica en el segundo no.

Cuando la unión de dos conductores se hace en forma deficiente, aumenta su resistencia y hay exceso de calentamiento en el cable y en el aislante; por consiguiente, el deterioro de las condiciones del mismo, causa pérdidas por efecto Joule que con el tiempo si no se repara, dañará la unión por completo, interrumpiendo la continuidad del servicio. Para calibres de conductores sólidos cableados hasta el Nº 10 se podrá hacer a nivel residencial el empalme con el simple retorcido de las puntas de los mismos utilizando el alicate o bien uniendo las puntas con un conector a compresión apropiado. Luego se cubrirá la unión con cinta aislante de plástico scotch 33 de 3M o similar, cubriendo la unión 5 cm antes y 5 cm. después solapando la cinta al 50%. Para el retorcido de los cables se emplean formas diversas tanto para el empalme recto, en derivación simple o doble. El empalme en estrella es conocido por el tejido que se realiza con los hilos componentes del cable.

Las formas más adecuadas de empalmar dos conductores y aceptadas por el CEN son:

Utilizando soldadura de las partes.
Utilizando conectores mecánicos o de compresión, para unión de los conductores.

En la primera, la soldadura no garantiza que los conductores puedan ser sometidos a esfuerzos mecánicos; por ello no se emplean en redes aéreas. El uso generalizado es para unir cables enterrados y en especial en mallas de tierra, o por empalmes de partes metálicas puestas a tierra. En el mercado nacional el sistema de soldadura más conocido es el tipo "Cadweld". Esta es una marca registrada y reconocida al científico Dr. Charles Cadweld, quien en 1939 por primera vez desarrolló un sistema de soldadura a partir de la combinación de los componentes siguientes:

$Al + ZnO_2 + CuO_2$

Polvo de aluminio, una pequeña cantidad de óxido de zinc y óxido de cobre. En ésta el aluminio y el óxido de zinc reducen el cobre produciendo una gran generación de calor. Al comienzo la temperatura se eleva a 450°C por causa del material de ignición o pólvora, la cual se enciende por medio de un yesquero apropiado. Luego se eleva a 900°C lográndose el punto de fusión del material, finalmente se completa la reacción química a los 2200°C donde se produce la soldadura exotérmica. En la figura N° 34 se presenta un esquema con el molde de grafito, ubicado en el sitio de la soldadura de dos extremos de cables para aterramiento. Se destaca el material fundente y la soldadura de las partes.

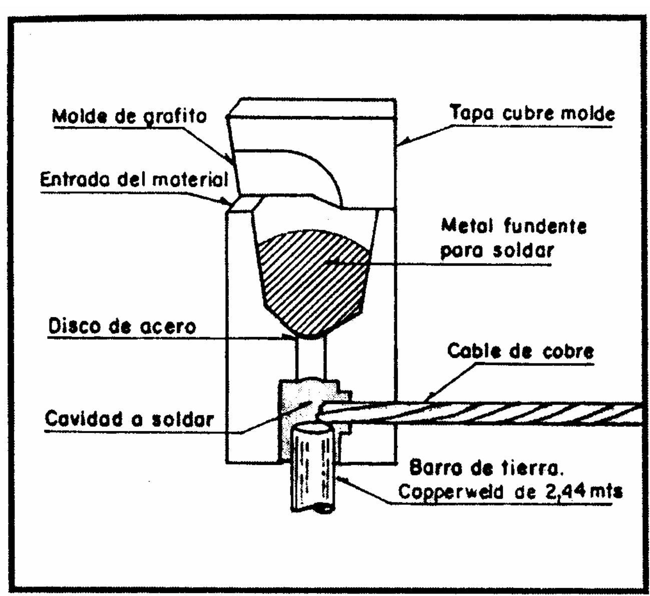
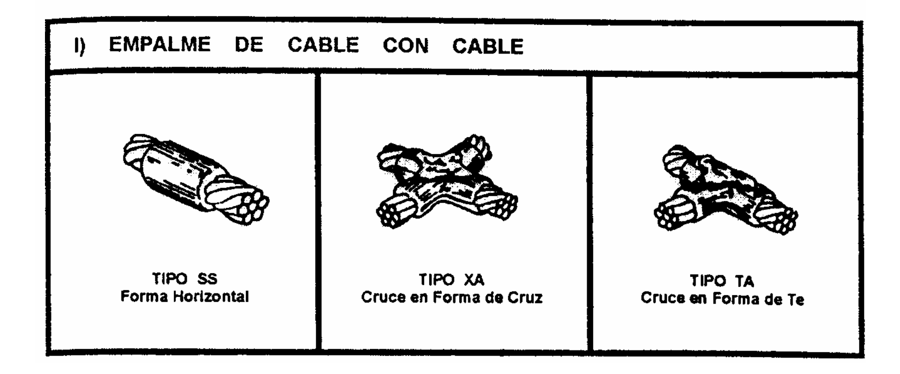


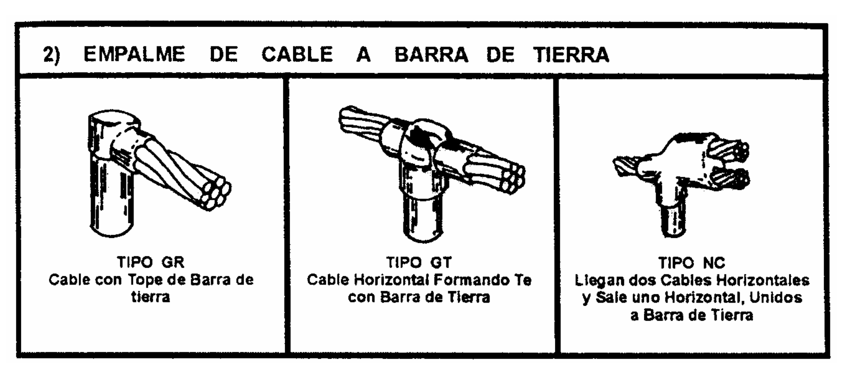
Fig. N° 34. Corte transversal de un molde de grafito, utilizando en soldadura tipo CADWELD.
Fuente: "Exothermic Welding of Electric Connections". ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE. P.57.

El fabricante de este tipo de soldadura "Cadweld", suministra los moldes de grafito y el material fundente conjuntamente con un conjunto de herramientas para lograr el acabado y limpieza de la soldadura.

En la figura N° 35, se ilustran varios tipos de empalme mediante el uso de la soldadura antes mencionada.

En conductores para alta o baja tensión se utiliza, en los empalmes, conectores mecánicos o de compresión. Existe una marca reconocida en el mercado denominada "Burndy", que se nombra como referencia, la cual posee una gran variedad de conectores apropiados para cada tipo de empalme según la forma, tipo de conductor sólido, cableado, de cobre o aluminio, o la unión de ambos, y según el calibre de las partes a unir. Los hay tipo "manguito", en forma de tabaco, en "T" o en "L", manguitos de brida todos a compresión.





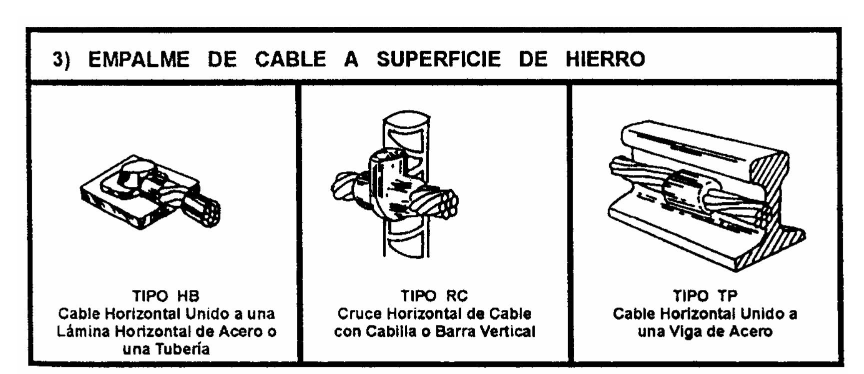


Figura N° 35. Empalmes soldados.
Fuente: "Electrical Connections".
Catálogo CADWELD. Pp. 2-1, 3-1, 8-1 y 9-1.

En tipo mecánico se destacan los de brida con tuerca conocidos como "Forma U" o con dos tornillos para conexiones en "T". (Véase figura N° 36).

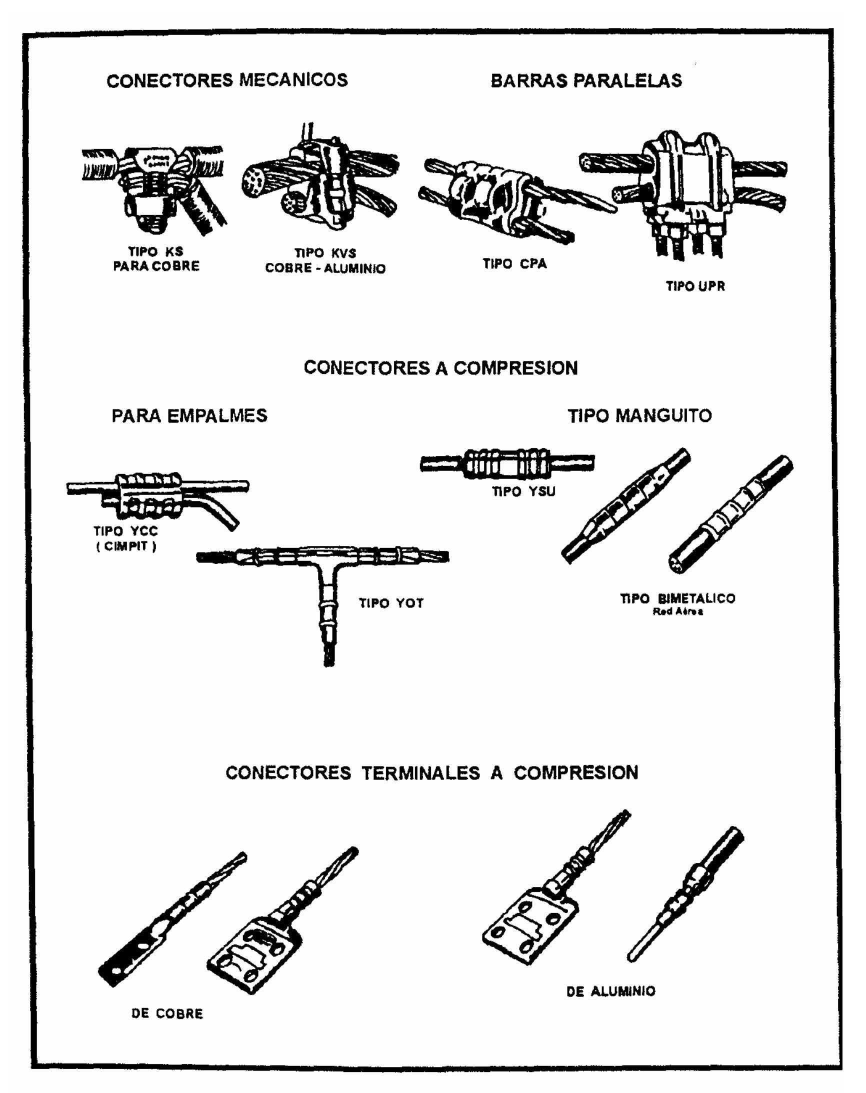


Fig. N° 36. Modelo de conectores requeridos en empalmes de cables.
Fuente: "Mechanical and Compresión Connectors". Catálogo BURNDY. pp. T-D3, T-D4 y T-D5.

Es interesante destacar, y así hace referencia el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL con el COVENIN 200 que: todo empalme deberá realizarse en tanquillas, tanques, casetas, cajas, cajetines, o sitios de fácil acceso. Nunca se realizará un empalme entre dos tanquillas, o caja a fin de evitar inconvenientes en caso de tener que realizar revisión o mantenimiento o en un empalme debido a modificación de la instalación.

Las técnicas de empalme varían según la aplicación del conductor y refiriéndose a cables aislados, se tomará en cuenta si es en alta o baja tensión y el ambiente donde se ubicará el cable. Para los casos de baja tensión en calibres aislados TW se utilizará conector a compresión o tornillo según el calibre del cable. En caso de cobre aluminio se emplearán conectores bimetálicos y se adicionará antes de colocar los extremos del cable pasta antioxidante "penetrox", luego se cepilla y limpia con estopas las puntas del cable; cubriéndose la unión con cinta de goma con espesor igual al del aislante. Sobre la cinta de goma se colocan 2 capas de cinta plástica enrollada en forma helicoidal con solapado del 50%. Para conductores de aislamiento THW o TTU, se procede de forma similar a la del TW. En las figuras N° 37 y 38 se presentan empalmes tipo de baja tensión. En empalmes de cables para alta tensión se realizan con cinta, para lo cual se recomienda utilizar personal altamente especializado.

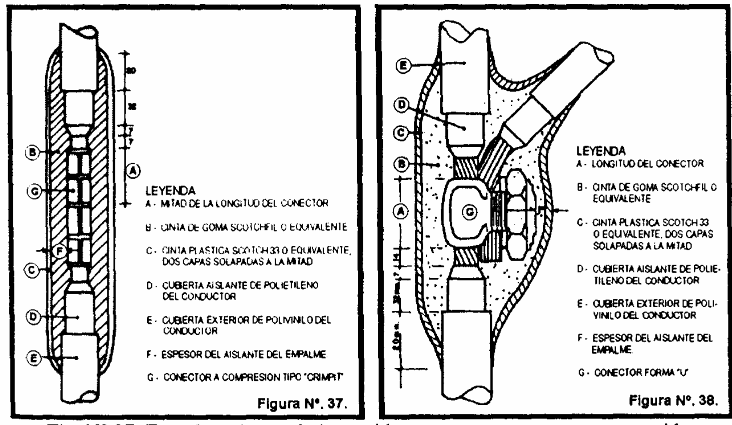


Fig. N° 37. Empalme tipo en baja tensión, recto con conector a compresión.
Fuente: **MANUAL DEL MOP**. Tomo III. p. 86.
Fig. N° 38. Empalme tipo en baja tensión, para derivación con conector forma "U".
Fuente: **MANUAL DEL MOP**. Tomo II. p. 88.

En la figura N° 39 se presenta un empalme de AT con cinta, para un tramo recto, allí se podrán observar todos los componentes que intervienen en el listado anexo. Análogamente, en la Figura N° 40 se presenta un empalme para AT con cinta y resina en derivación. Deberá tenerse especial cuidado en la elaboración de este tipo de empalmes de alta tensión, observando que el operario utilice guantes de goma bien limpios a fin de que el sudor de las manos no impida la adhesión correcta de la resina o cinta con las capas aislantes y protección del conductor.

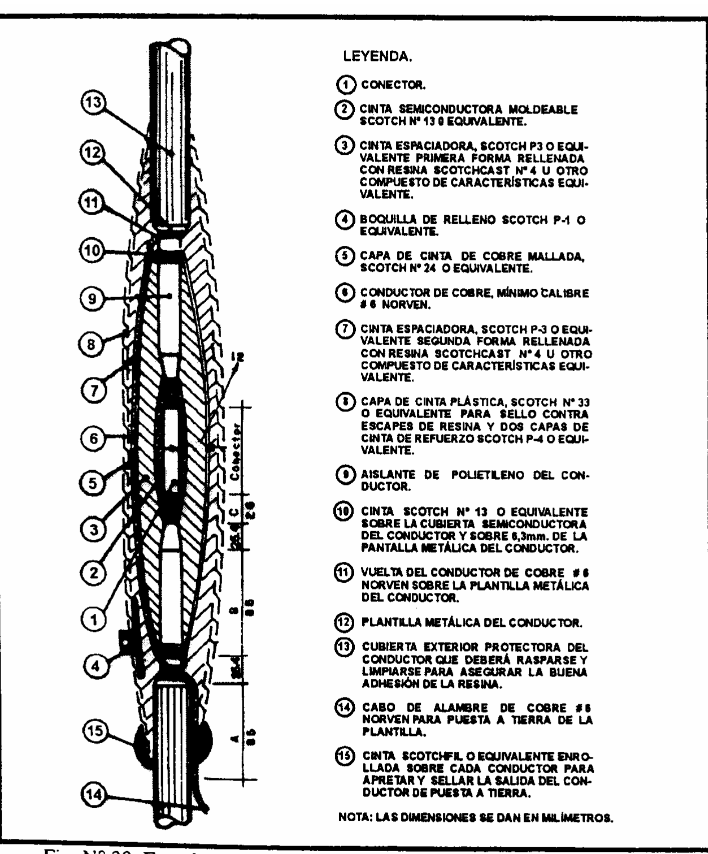


Fig. N° 39. Empalme recto para alta tensión, aislado con resina a presión.
Fuente: MANUAL DEL MOP. Tomo III. p. 96.

Un descuido en este detalle puede provocar fallas, explosiones, etc., lo cual ocasionaría la pérdida del empalme. La explicación del fenómeno de una posible explosión, se presentaría en el caso de haber burbujas de aire, agua u otra sustancia extraña, que sometida a un campo eléctrico dentro del empalme produce un calentamiento de la burbuja que aumenta de volumen y posteriormente estalla.

Las empresas de electricidad en Venezuela suelen utilizar para facilitar la instalación de empalmes de alta tensión, en tensiones de hasta 15 KV, conectores de la línea "Elastimold" o de características similares. Su instalación es bastante sencilla y se realiza en corto tiempo, pues todos los aditamentos son directamente enchufables una pieza con otra; vienen los empalmes rectos en derivación "L" o terminales.

EMPALMES TERMOCONTRAÍBLES PARA BAJA TENSIÓN:

Otra forma de realizar un empalme diferente al descrito en la sección anterior, para baja tensión es, utilizar materiales termocontraibles. Estos pueden proteger y sellar herméticamente el empalme mecánico en forma sencilla. El método se puede utilizar también en terminales para baja tensión; dado que ofrece una gran ventaja con respecto al uso de compuestos y aditivos sellantes, pues en corto tiempo se ejecuta con materiales apropiados dichos empalmes.

A nivel nacional uno de los más conocidos es el tipo "RAYCHEM", que se produce para baja, mediana y alta tensión, en calibres que van desde el N° 14 al 2.000 MCM.

En el caso de empalmes rectos se suelen unir dos (2) conductores mecánicamente, mediante un conector a compresión tipo manguito y luego cubrir el mismo con un tubo contraíble, el cual lleva en su interior un adhesivo termoplástico que al suministrarle calor con un soplete de gas, se contrae, adhiriéndose fácilmente al conductor y a las partes aislantes de los cables unidos. También existe empalmes de éste tipo, para derivación de cables, capuchones para puntas de cables y mantas para reparación de aislantes deteriorados.

EMPALMES TERMOCONTRAIBLES RECTOS Y EN DERIVACIÓN PARA ALTA TENSIÓN:

Por el método termocontraíble también se puede realizar un empalme en alta tensión hasta 36 KV., sin utilizar compuestos de relleno ni resinas como los descritos anteriormente. Este empalme se realiza en forma sencilla, rápida y es posible ponerlo en servicio de inmediato.

El procedimiento de instalación es similar al de baja tensión, pues al calentarse el tubo aislante se contrae hasta llegar ajustado al conductor y aislante de los mismos, quedando finalmente un espesor de aislamiento apropiado al requerido.

Estos tubos se pueden seleccionar en base al calibre del conductor, desde el N° 4 hasta 2.500 MCM, y vienen aislados hasta 36.000 voltios.

TERMINALES PARA ALTA TENSIÓN:

Los terminales para cables de mediana y alta tensión son requeridos para niveles que van desde 5 KV., hasta 35 KV., se utilizan en la transición del conductor mismo desde aislado hasta pasar a desnudo, donde se forma un campo eléctrico que es necesario controlar para no dañar las partes. Se puede utilizar de varios tipos a saber: Para uso interior o exterior, de porcelana y con cintas aislantes tipo "3M", o similares. De materiales premoldeados elastoméricos enchufables tipo "ELASTIMOLD" o similares. También existen los termocontraíbles tipo "RAYCHEN" o similares, cuyas técnicas de montajes son análogas a los empalmes antes descritos. Los hay también en todos ellos para terminales unipolares o tripolares según se requiera.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN POR BARRAS:

Existen en el mercado nacional fabricantes de conductores formados por barras para baja tensión hasta 600V. Y son utilizados en caso de manejar corrientes elevadas.

Los alimentadores con barras están construidos en aluminio o cobre debidamente aislados, ubicadas dentro de un ducto metálico de gran robustez. Tanto los tramos rectos como las conexiones para derivación o cruces a 45° ó 90° son elementos diseñados especialmente para tal fin. En caso de que decida cambiar la trayectoria del alimentador, el sistema tiene la ventaja que se puede desarmar y construir un nuevo diseño de acuerdo a las necesidades.

Su utilización debe ser justificada por medio de un estudio económico que nos permita escoger la alternativa más conveniente. En el primer caso se utilizaría conductores de aluminio o cobre de grueso calibre, en especial cuando se requieran varios conductores por fase y en el segundo se emplearía el sistema de distribución por barras.

CAPITULO VI

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS

6.1 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

Para poder seleccionar los componentes de una canalización eléctrica residencial, es necesario conocer en primera instancia toda la información relacionada con el servicio que pueden brindar las Empresas de Electricidad en Venezuela.

La Norma Venezolana COVENIN 159-81, dedicada exclusivamente a Tensiones Normalizadas, define como tensión normal, a la tensión característica de funcionamiento de un equipo eléctrico. Se puede distinguir la tensión en condiciones normales, tensión máxima y mínima permisible en condiciones de emergencia. Esta norma es de estricto cumplimiento por parte de las compañías de electricidad. La variación de tensión respecto a la normal se suele expresar en tanto por ciento de la misma, hacia arriba o hacia abajo ($\pm\Delta V\%$). Consideraciones similares se hacen respecto a la frecuencia en la cual se aceptan variaciones del orden del ± 2%. En Venezuela la frecuencia normalizada es de 60 Hertz.

6.2 TENSIONES NORMALIZADAS

Las empresas de Electricidad brindan el servicio utilizando tensiones normalizadas que se indican en las Tablas anexas para baja tensión

TABLA N° III
TENSIONES NORMALIZADAS EN BAJA TENSIÓN

Sistema			
Servicio	Número de Hilos	Tensión Nominal (Voltio)	Usos y Aplicaciones Recomendadas
MONOFÁSICO	2	120	Residencial
	3	120/240	Residencial, Pequeño Comercio y Alumbrado Público
	3	240/480	Alumbrado Público y Campos Deportivos
TRIFÁSICOS	4	208/120	Residencial, Comercial, Edificaciones Públicas y Pequeñas Industrias, Hoteles, Hospitales
	3	240	Uso restringido en cargas trifásicas balanceadas, bombas “HIDRO-VEN”, etc.
	4	480/277	Comercial, Industrial y Edificios Públicos
	3	600	Industrial en casos especiales

TABLA N° IV
TENSIONES NORMALIZADAS EN ALTA TENSIÓN

Sistema			Tensión Nominal (Voltios)
Servicio	Número de Hilos		
TRIFÁSICOS	3	-	2400
	3	-	4800
	-	4	8320 Y/24800
	-	4	12470 Y/7200
	3	-	13800 (*)
	-	4	24000 Y/13800
	-	4	34500 Y/19920
	3	-	34500 (*)

(*) Tensiones normalizadas por CADAFE en redes de distribución, ampliamente utilizadas en el medio rural y urbano.

La norma COVENIN establece una variación máxima de tensión en el punto de medición del usuario en condiciones normales hasta ±5% y en emergencia ±8%, para baja tensión. En el caso de alta tensión se permitirá en condiciones normales una variación máxima del ±2.5% y en emergencia ±5%.

6.3 TENSIONES Y TOLERANCIA A NIVEL RESIDENCIAL

A nivel residencial las cargas de alumbrado en todos los casos se alimentan en 120V, al igual que los tomacorrientes de uso general, que sirven a los equipos electrodomésticos en Venezuela. Hay circuitos que alimentan cargas de alumbrado de áreas exteriores, como por ejemplo, jardines, para iluminación especial de canchas y piscinas que usan lámparas de descarga en 220V. También en la misma tensión en dos fases se alimentan los equipos de aire acondicionado de ventana, secadoras y cocinas eléctricas (a 3 hilos). Ciertos equipos de bombeo trabajan en 120V, normalmente utilizan motores en 220V (dos fases). Para equipos de bombeo de pozos profundos se utilizan motores trifásicos en 208V, al igual que los equipos de aire acondicionado centrales. Ciertas neveras o congeladores más bien de uso comercial suelen alimentarse en 2 fases a 220V. Respecto a la tolerancia, todo equipo viene diseñado de fábrica para trabajar en condiciones anormales, cuando así se requiera, admitiendo una tolerancia máxima de más o menos 10% de la tensión nominal, ya sean lámparas, radios, televisores, motores, etc. En cada caso ciertos equipos tienen indicado en placa la tensión mínima y máxima de trabajo. Otros disponen para lograr un mejor funcionamiento, de interruptores de transferencia que seleccionarán el voltaje deseado según las condiciones del servicio.

Esta tolerancia permite entonces si la Empresa de Electricidad mantiene en el secundario de un banco de transformación trifásico 120/208, pero en la red existe una caída de tensión hasta el punto de entrega en el sitio de medición, allí habrá 114/191V, para un 5% de caída de tensión máxima. Para que la tensión mínima de un equipo electrodoméstico de 110V se cumpla, la caída de tensión interna dentro de la vivienda, no podrá exceder los 4V, o sea, algo más del 3%. Por consiguiente, se establecerá para los efectos de diseño una caída de tensión máxima del 3% desde el punto de medición hasta la punta de un circuito secundario a nivel residencial.

En el caso de un edificio residencial, se repartirá el 3% entre el tramo que va desde el medidor del usuario al tablero en el apartamento y fin del circuito secundario. Para el caso de acometidas en baja tensión se permitirá una caída máxima del 2% y si es en alta tensión del 1 %. El CEN establece en las secciones 210-19a y 215-2, la caída máxima de tensión en circuitos residenciales y alimentadores. Todo banco de transformación instalado por la compañía de electricidad, posee de fábrica un regulador manual denominado "taps", que modifica el número de pasos en las bobinas del núcleo, permitiendo subir o bajar la tensión del secundario o reducirlo desde ±5% o bien ±2.5%; esto ayuda a corregir ciertas caídas de tensión perjudiciales a nivel de distribución. Por todo lo antes señalado, a nivel residencial una acometida eléctrica podrá ser:

Monofásica: 2 hilos en 120 V.
Monofásica: 3 hilos en 120/208V.
Trifásica: 4 hilos en 120/208 si así lo requiere el nivel de carga o bien los equipos disponibles en la vivienda.
Monofásica: 3 hilos en 120/240V

En caso de que la empresa de electricidad entregue a un edificio el servicio en alta tensión, la acometida eléctrica será:

Monofásica: 2 hilos en 13800V (Según Normas de CADAFE)
Trifásica: 3 hilos en 13800V

Se ilustra el caso de un edificio de 10 pisos con entrada en alta tensión hasta la caseta de transformación luego al cuadrado de medidores y de allí el subalimentador a cada apartamento tal como se muestra en la figura a continuación.

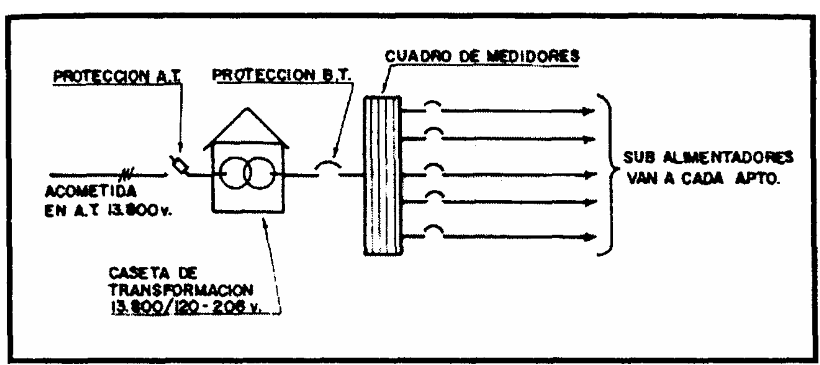


Fig. N° 41. Diagrama unifilar de un edificio típico

Para el ejemplo de una edificación donde el diseño económico obliga a utilizar transformadores de 13800/480 y en sectores 480/120-240V, obsérvese el gráfico siguiente:

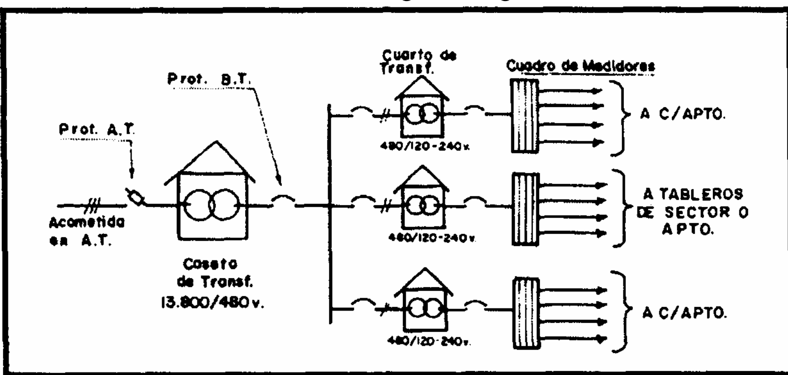


Fig. N° 42. Diagrama unifilar con subestación principal y bancos de Transformación en sectores del edificio.

Para el caso de edificios de gran altura, la solución es similar a la anterior, pero se asume que los cuartos de transformación se ubican cada 10 pisos. En cada caso habrá que ver el número de apartamentos por piso, la densidad de carga que resulte del estudio respectivo, para definir cada cuantos pisos se ubicará el cuarto de transformación y cuadro de medidores del sector, para que la solución sea económicamente aceptable a los intereses del propietario. Véase Figura N° 43.

Habrá que observar medidas de seguridad en la instalación, dado que la red interna en alta tensión requiere muchos más cuidados que la distribución en baja tensión. Se tendrán en cuenta las normas contra incendio y las ordenanzas municipales locales, además de observar las Normas de la Compañía de

Electricidad, quien supervisará el proyecto y la obra. La Solución adoptada en el ejemplo anterior se debe a que resulta más económico distribuir en AT hasta cierto punto y de allí en BT, que hacerlo desde una subestación única ubicada en la planta baja, donde los tramos de subalimentadores serían muy largos. Por tal motivo habría que adoptar secciones de conductor mucho más grandes a fin de compensar la caída de tensión, cosa que resultaría mucho más oneroso. Este problema se comprenderá mejor más adelante cuando se enfoque el tema de selección de conductores.

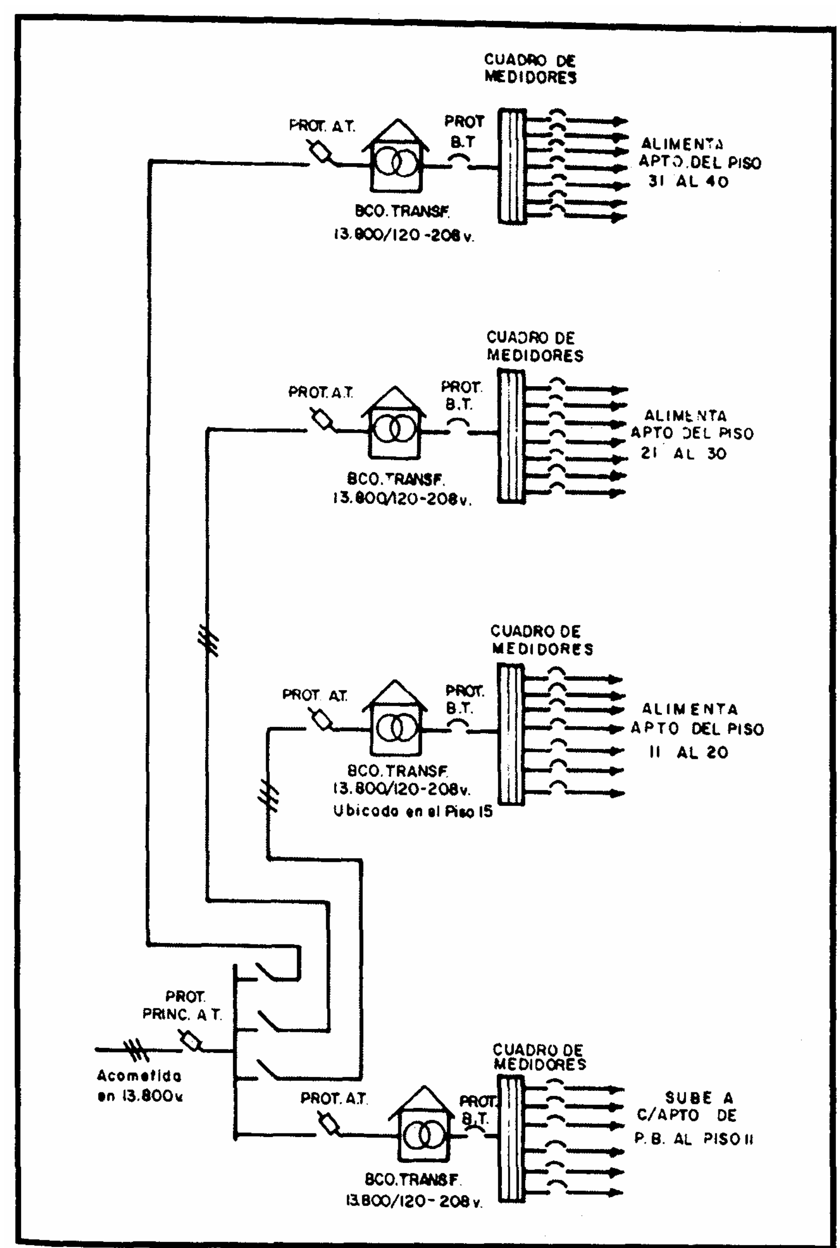


Fig. N° 43. Sistema de distribución en edificios de 40 pisos.

6.4 LA CAÍDA DE TENSIÓN EN UN CONDUCTOR

Con el fin de obtener un medio práctico de seleccionar el calibre de un conductor, en función de la caída de tensión en forma porcentual de una línea, se hará el siguiente planteamiento que se muestra en la Figura N° 44; R y X son la resistencia y reactancia del conductor que alimenta cierta carga en vatios (W). La caída de tensión en la línea se expresa como (*): (DELTA V) = $\Delta V = V_0 - V_1$

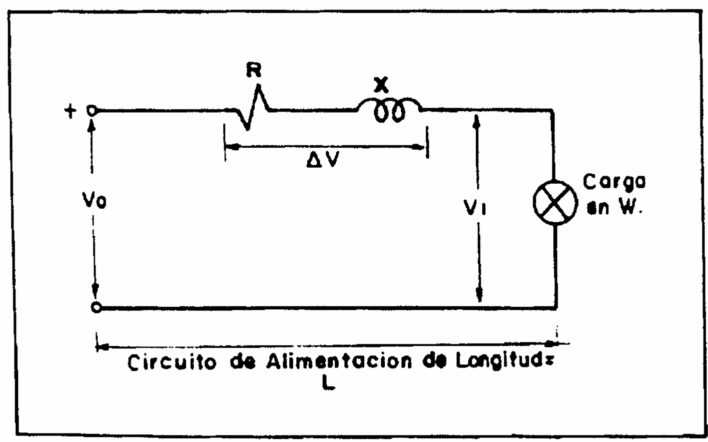


Fig. N° 44. Circuito de alimentación de una carga.

V_0 = Se asume la tensión de salida en un tablero.
V_1 = Tensión de llegada a la carga

Considerando que en líneas cortas, como lo son estos circuitos en instalaciones eléctricas residenciales o similares, se desprecia la capacitancia, el diagrama vectorial queda como se indica en la Figura N° 45. Del mismo se deduce que:

$$V_0 = \sqrt{(V_1 + IRCos\alpha + IXSen\alpha)^2 + (IXCos\alpha + IRSen\alpha)^2} \qquad (1)$$

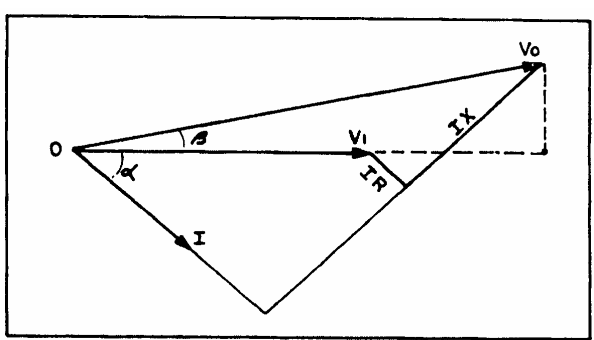


Fig. N° 45. Diagrama vectorial para líneas cortas

El segundo término de V_o, o sea, la componente reactiva se puede despreciar cuando IR e IX no exceden de un 10%, como sucede en este tipo de circuitos. Por lo antes expuesto la ecuación (1) queda reducida a:

$$\Delta V = V_0 - V_1 = IRCos\alpha + IXSen\alpha \qquad (2)$$

* Manual del MOP. Tomo II. Págs. 401 a la 406

La magnitud del error asumido es igual a $2V_o\ \text{sen}^2\ \beta/2$, donde β es el ángulo entre la tensión de salida y la de llegada, en la práctica es menor de 5°, por lo cual significa que el error no excederá el 1%, de la caída de tensión, por consiguiente se considera despreciable. Tomando en cuenta en la (2) que tanto R como X son función de la longitud del circuito quedan definidos así:

$$R = rL \quad y \quad X = xL \qquad (3)$$

Quedando establecido que "r" es la resistencia en ohmios por unidad de longitud y "x" la reactancia por unidad de longitud. El primero depende de la resistencia del conductor y el área. En el caso de "x" depende de la inductancia unitaria, la geometría de los conductores y otras constantes.

Reemplazando la (3) en (2) queda:

$$\Delta V = IL(r\text{Cos}\alpha + x\text{Sen}\alpha) \qquad (4)$$

Expresando en tanto por ciento de V_0 resulta:

$$\Delta V\% = \frac{IL}{V_0}(r\text{Cos}\alpha + x\text{Sen}\alpha)\cdot 10^2 \qquad (5)$$

o bien

$$\Delta V = \frac{V_0 IL}{V_0^{\ 2}}(r\text{Cos}\alpha + x\text{Sen}\alpha)\cdot 10^2 \qquad (6)$$

Introduciendo el concepto de KVA y KV en la anterior queda:

$$\Delta V\% = KVA\cdot L\left(\frac{r\cdot \text{Cos}\alpha + x\cdot \text{Sen}\alpha}{10\cdot KV_0^{\ 2}}\right) \qquad (7)$$

Se puede considerar que en (7):

$$K = \frac{r\cdot \text{Cos}\alpha + x\cdot \text{Sen}\alpha}{10\cdot KV_0^{\ 2}} \qquad (8)$$

Por consiguiente reemplazando en (7) resulta:

$$\boxed{\Delta V\% = KVA\cdot L\cdot K} \qquad (9)$$

La expresión (9) también es válida en función de la corriente haciendo la variación de K, quedando de la forma siguiente:

$$\boxed{\Delta V\% = I\cdot L\cdot K} \qquad (10)$$

En el Apéndice de este texto se hallan Tablas que nos permiten obtener el calibre del conductor a partir de las expresiones (9) y (10) (véase Tabla N° 2 a la N° 10).

Se define como capacidad de distribución a la expresión de la (9) y (10).

$$CD = KVA\cdot L = \frac{\Delta V\%}{K} \qquad (11)$$

$$CD = I \cdot L = \frac{\Delta V\%}{K} \quad (12)$$

Calculando la CD correspondiente, conforme venga expresada la carga considerada, ya sea en KVA o bien en Amperios, se logra seleccionar el calibre del conductor requerido en las Tablas correspondientes. Es necesario definir el factor de potencia, tipo de conductor (cobre o aluminio), tipo de tubería magnética (metálica) o no magnética de plástico. Habrá que tomar en cuenta si el aislante es de TW (60°C) o TTU (75°C). Se puede considerar que el comportamiento del THW es equivalente al TTU para los fines prácticos, de selección del calibre del conductor. Cabe señalar que las Tablas han sido elaboradas para un sistema trifásico 120/208V, 60 Hz. Para otros sistemas de tensión habrá que aplicar un factor de corrección (Véase Apéndice A, Tabla N° 2). Lo mismo sucede si la caída de tensión es diferente al 2%, se tendrá que aplicar el factor de corrección correspondiente al CD calculado.

6.5 CAPACIDAD DE CORRIENTE DE UN CONDUCTOR

Todo conductor posee una capacidad de transportar corriente eléctrica a través de él. Esta capacidad está limitada por la conductividad del material conductor, si éste es desnudo, sólo lo afectará lo antes señalado; pero si el conductor es aislado, limita también el paso de la corriente, la capacidad térmica del material aislante. El hecho de que un conductor tenga una resistencia eléctrica, al paso de una corriente por él, se presenta el efecto Joule.

$$W = I^2 \cdot R \text{ (vatios)} \quad (13)$$

Se sabe que:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Donde p es la resistividad del conductor, L la longitud y A el área de la sección recta del mismo. La potencia consumida expresada en (13) según los valores que alcance provocará un aumento de la temperatura respecto a la del ambiente. En el caso de conductor desnudo este calentamiento no afecta tanto el conductor si no se excede la temperatura de fusión del metal. Normalmente la temperatura de trabajo está muy por debajo de este valor. El calor producido en el conductor es disipado rápidamente en contacto con el aire. En la medida que se escoja la sección A del conductor, la resistencia se podrá hacer bajar, a fin de que el efecto Joule alcance valores reducidos y por ende las pérdidas resulten económicamente menores. En el caso de un conductor aislado, el efecto Joule deberá producir un calentamiento que esté muy por debajo de la temperatura de fusión del aislante, a fin de no dañarlo ni acortar su vida útil. Si el conductor aislado está al aire, la disipación de calor se hace en forma espontánea y fácil, permitiendo refrescar el cable hasta ciertos valores del efecto Joule. En condiciones que el cable se encuentre confinado en una canalización con otros conductores hará más difícil la disipación de calor provocándose un calentamiento mutuo. A medida que aumente el número de conductores el efecto será acumulativo, debiéndose en este caso reducir la corriente para no provocar el recalentamiento pernicioso. Para el caso de una bancada de tuberías, donde en cada una de ellas hay conductores, la disipación de calor se puede complicar cuando el número de tubos es mayor de 4, en ese caso se tendrá que tomar un factor de reducción para bajar la corriente de los conductores a fin de no dañar el aislante al igual que el caso de varios conductores en ducto. Finalmente, la capacidad de corriente de un conductor aislado, se ve afectado también en el caso de que la temperatura ambiente, exceda los valores, de especificación del fabricante. A fin de preservar el aislante deberá reducirse el valor de la corriente a transportar, considerando un factor que se indica en Tablas del CEN.

Para los efectos de seleccionar el calibre del conductor adecuado para un caso dado, la sección del mismo juega un papel determinante. Por tal motivo se han elaborado tablas y gráficas donde se indica la capacidad de corriente que tendrá un conductor para los casos antes señalados y que se resumen a continuación:

Capacidad de corriente para cables desnudos
Capacidad de corriente para cables aislados al aire
Capacidad de corriente para cables aislados en tuberías o directamente enterrados.
Capacidad de corriente para más de 3 conductores en ducto
Capacidad de corriente para conductores en ductos dispuestos en bancadas de más de 4 tubos.
Capacidad de corriente para el caso de temperatura ambiente mayor de 30°C.

En el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL se encuentran las Tablas antes mencionadas, en la sección 310 Tablas Nos. 310-16, 17, 18 y 19; aparte de la capacidad de corriente se indica también el factor de reducción por temperatura diferente a 30°C. En las notas de la misma sección del CEN existe la Tabla N° 8, con factores de corrección para más de 3 conductores en ducto. En el Manual del MOP se encuentran los factores de reducción para bancadas de más de 4 tubos. En el Apéndice "A" de este libro se encuentran gráficos del N° 1 al 4 que contienen información para seleccionar los conductores por capacidad de corriente con gráficas de aplicación directa. También se dispone de Tablas N° 1-1, N° 1-2 para el mismo fin.

Cabe destacar que las capacidades de corriente antes señaladas son para conductores que alimentarán cargas de iluminación y equipos electrodomésticos, excepto motores.

La selección de conductores para motores se tratará en detalle en el Capítulo VII.

6.6. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Para los efectos de diseño en un proyecto' de canalizaciones eléctricas residenciales es necesario seleccionar el calibre tipo y características de los conductores eléctricos a utilizar. Respecto al calibre, la selección se realiza cumpliendo previamente con lo siguiente:

Selección del conductor por capacidad de corriente Selección del conductor por caída de tensión Selección del conductor por cortocircuito Selección del conductor por fluctuación de tensión Selección del conductor neutro y de puesta a tierra

En los apartes anteriores ya se ha explicado el procedimiento para seleccionar los conductores por capacidad de corriente y caída de tensión. La selección definitiva entre las dos condiciones, será la que resulte más desfavorable, o sea, la sección de calibre mayor. A nivel residencial los niveles de cortocircuito son bajos y los conductores que se escogen por capacidad de corriente y caída de tensión, cumplen con las exigencias de cortocircuito. Para los casos de edificios residenciales, comerciales, de oficina, o en industrias, habrá que determinar el nivel de cortocircuito por medio del cálculo correspondiente. La escogencia del calibre de conductor por cortocircuito se hará conociendo el valor de la corriente de cortocircuito simétrica y el tiempo máximo de la duración del cortocircuito, dato que se obtendrá de las características del dispositivo de protección que despejará la falla. Con estos datos se puede obtener el calibre del conductor para esta condición, en gráficos elaborados para tal fin, que se encuentran en el Apéndice "A" de este libro. Cabe destacar que: en caso que el conductor seleccionado lo imponga la condición de cortocircuito, es conveniente jugar con el valor de la protección a fin de limitar el valor del mismo y el tiempo de riesgo.

Para la escogencia del conductor por fluctuación de voltaje, efecto que se nota claramente en la iluminación, será conveniente observar ciertas reglas que harán innecesarios los cálculos respectivos. Estas se indican a continuación:

Agrupar siempre las cargas de iluminación y tomacorrientes generales o especiales en circuitos apartes.

En caso de áreas grandes a iluminar, prever la instalación de tableros exclusivos para iluminación.

Para el caso de edificios residenciales, se instalará un tablero de servicios generales donde habrá circuitos exclusivos para iluminación, otros para tomas generales o especiales; y los circuitos que alimenten ascensores y bombas por separado.

Es de hacer notar que el efecto de la fluctuación de voltaje se percibe más en iluminación incandescente que en la descarga. Por ello se recomienda utilizar, en donde no esté contraindicado, luz fluorescente que es menos sensible a las variaciones de tensión.

Como conclusión para los fines de diseño en circuitos interiores a una edificación se obtendrá el calibre de conductores por capacidad de corriente y por caída de tensión. **"La que resulte más desfavorable o bien el calibre mayor será la solución definitiva".**

Para la obtención de la corriente se tomará en cuenta el tipo de sistema de distribución. Para el caso monofásico 2 hilos:

$$I = \frac{P}{V_N \cdot Cos\alpha}$$

Para el caso monofásico 3 hilos

$$I = \frac{P}{V_{línea} \cdot Cos\alpha}$$

Para el trifásico 3 ó 4 hilos

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{línea} \cdot Cos\alpha}$$

La corriente se dará en amperios, la potencia en vatios y la tensión en voltios. La corriente se utilizará para seleccionar el conductor por capacidad de corriente y para calcular la capacidad de distribución (CD) requerida para la selección por caída de tensión.

Para la selección del conductor neutro habrá que observar las Normas del CEN. En la sección 215-4 y 220-22 establece todo lo relacionado a la obtención del mismo.

Para el caso de circuitos a 120V, el calibre de los dos conductores será el mismo, determinándose por el procedimiento antes señalado para los conductores activos. En el caso de circuitos en 208V ó 240V a 2 ó 3 hilos, se determinará por la corriente calculada a partir del desequilibrio máximo de cargas resultantes, o bien, se tomará el neutro de un calibre menor, hasta una corriente de 200 Amp. Cuando la corriente de los conductores activos exceda los 200 Amp., tanto para 208 ó 240 tres hilos, o trifásico 208V cuatro hilos, se tomarán los primeros 200 Amp. al 100% y el resto al 70%. Esta corriente se utilizará tanto para la sección por capacidad de corriente como por caída de tensión.

En cuanto a la selección del cable de puesta a tierra, ya se ha señalado, en el Capítulo 4, sección 4-6, la forma de obtenerlo a partir de lo indicado por el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL (CEN). (Véase tabla N° 11 del Apéndice A).

6.7 SELECCIÓN DE TUBERÍAS

Una vez determinado el número de conductores, calibre de las fases, neutro, puesta a tierra y tipo de aislante, el siguiente paso será escoger la sección de tubería o bancada requerida para alojarlos. Previamente habrá que definir si se estima dejar espacio de reserva, o tubos de reserva, para futuras ampliaciones o modificaciones en las condiciones de la carga conectada. Cuando resulten varios conductores por fase, por la magnitud de la carga se recomienda colocar cada tema con su neutro en tuberías aparte. Ejemplo de este caso es el de las acometidas de edificios en forma subterránea, donde se podrá utilizar tuberías plásticas. Para cada caso habrá que analizar cuál sería la solución más económica, entre algunas alternativas, variando calibres de conductores y tipo de bancada.

Finalmente para dimensionar las tuberías el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL, en el Capítulo 9, presenta tablas para seleccionar el diámetro de tuberías en función del conductor a utilizar. En el Apéndice "A" de este libro, aparecen varias tablas similares para diferentes condiciones de instalaciones nuevas, realambrado, o combinaciones de calibres de conductores (véase Tablas N° 12 a la 16). Estas tablas son más severas que las del CEN, por tal motivo se recomienda su utilización.

6.8 SELECCIÓN DE PROTECCIONES

En la generalidad de los casos de instalaciones eléctricas residenciales se emplean tableros de distribución eléctrica por circuitos. Cada uno de ellos dispondrá de interruptores termomagnéticos, que se podrán operar en forma manual o bien accionarán en caso de cortocircuito. La corriente de diseño nos permitirá seleccionar el conductor y, mediante la capacidad de este, se escogerá la correspondiente a la protección. Así por ejemplo, se cita el caso de una corriente de carga de un circuito de 12 Amp., se escoge 2 N° 12 TW y la protección será de 20 Amp., que será la corriente máxima que soporta el conductor al cual se está protegiendo. Se recomienda utilizar el siguiente procedimiento para obtener la protección adecuada para proteger un conductor eléctrico.

Id = Corriente de diseño obtenido por cálculos y estimaciones.
Id = Corriente máxima permisible del conductor seleccionado.

Por consiguiente la corriente de la protección será:

$$Ip = \frac{Id + Ic}{2}$$

Posteriormente habrá que buscar la solución inmediata correspondiente al tamaño comercial más próximo.

Cuando se presenten casos en edificios donde haya subtableros que dependen de otros tableros y éstos de un principal, se tendrá especial cuidado en la selección de las protecciones, las cuales deberán estar bien coordinadas, tanto en su capacidad de corriente, como en la capacidad de interrupción y del tiempo de disparo.

Para motores las protecciones, al igual que los conductores, son objeto de consideraciones especiales en el Capítulo VII.

6.9 EJERCICIOS PRÁCTICOS

A continuación se ilustra, con cinco (5) ejercicios, el procedimiento a seguir para obtener el conductor, tuberías y protecciones requeridas para cada caso:

EJEMPLO N° 1.

Calcular el calibre del conductor, diámetro de la tubería metálica y protección, para una línea trifásica 208V cable TM de cobre, corriente de 85 Amp. distancia del circuito de 24 m. (para fase y neutro) $\Delta V = 2\%$ $Fp = 0.9$.

a) Selección por Capacidad de corriente

I = 85 Amp. (Véase Apéndice A) de 1 a 3 Conductores resulta # 4.

b) Selección por caída de tensión.

Capacidad de Distribución = CD = LL = 85 x 24 = 2040 Am.

Según Apéndice A el valor a seleccionar de la Tabla debe ser igual, o inmediatamente mayor, a 204 Am. Para $\Delta V = 2\%$ y $Fp = 0.9$. Luego resulta 2288 o sea # 4.

c) La selección definitiva será 3#4 + 1#6 TTU de cobre (cu).

Según Apéndice A se determina Ø tubería resultando 1 Ø 1 ½”

d) La protección será

$Ip = \frac{85+85}{2} = 85 \text{ Amp}$, luego la protección resulta:

3 x 100 Amp., para 240V (tamaño normalizado, ver sección 240-6 CEN).

Cable de tierra # 8 Cu-TW (verde).

EJEMPLO N° 2.

Calcular el calibre del conductor, diámetro de tubería y protección utilizando cobre TW, 120V (Monofásico) y una corriente I = 26 Amp., para una distancia de 18 m. El $\Delta V = 1\ \%$, en tubería plástica Fp = 0.95.

a) Selección por capacidad de corriente resulta: 2#10

b) Selección por caída de tensión CD = 26 x 18 = 468 Am.

Factores de corrección: $F_1 = \frac{\Delta V \text{ Nuevo(dato)}}{\Delta V \text{ Tabla}} = \frac{1}{2} = 0{,}5$

En el Apéndice "A", Tabla N° 2, para factores de corrección por diferentes sistemas de tensión resulta F2 = 0.5 luego:

$$CD_{real} = \frac{\text{CD Calculados}}{F_1 \times F_2} = \frac{468}{0{,}5 \times 0{,}5} = 1872 \text{ A} \cdot \text{m}$$

De tablas resulta: #4

c) Solución definitiva: 2#4 Cu-TW 1 Ø 1 ½”

d) La protección resulta ser:

$$Ip = \frac{26+70}{2} = 48 \text{ Amp}$$

Protección 1 x 50 Amp., para 240V (normalizado). Cable de tierra # 10 Cu-TW (verde)

EJEMPLO N° 3.

Determinar el calibre del conductor, protección y diámetro de tubería de aluminio, para I = 43 Amp., longitud = 78 m. Tensión 277V, monofásico, temperatura ambiente 40°C. El conductor será del tipo aluminio TTU, con temperatura de trabajo 75°C. $\Delta V = 2{,}5\%$, Fp = 0,9.

a) Selección por capacidad de corriente:

La gráfica correspondiente nos da el factor de corrección por temperatura. (F_t) (Véase Apéndice A).

$$Id = \frac{I}{Ft} = \frac{43}{0,88} = 48,86 \cong 49 \text{ Amp}, \text{ resulta } \# 6$$

b) Selección por caída de tensión:

$$F_1 = \frac{2,5}{2} = 1,25 \;:\; F_2 = 1,154$$

$$CD = \frac{49 \times 78}{F_1 \times F_2} = \frac{3822}{1,25 \times 1,154} = 2650 \;\; A \cdot m$$

Resulta de tablas N° 1, pero como no existen los impares será 1/0

c) Solución definitiva: 2#1/0 AL-TTU en 1 Ø 1 ½” (AL = Aluminio)

d) La protección será: $Ip = \frac{43 + 120}{2} = 81,5 \;\; Amp$

Resultado: 1 x 100 Amp., para 480V. Cable de tierra # 6 AL. TW (verde).

EJEMPLO N° 4.

Determinar el calibre de conductores, diámetro de tubería y protección del circuito, para I = 1250 Amp., a 45°C de temperatura ambiente, longitud del circuito = 38 m. Se trata de un sistema trifásico 208V, con neutro, en bancada. Dado que la solución a obtener exige varios cables por fase, se dispondrá, en cada tubería un juego de 3 fases y neutro en c/u. El cable es de cobre, aislamiento THW (75°C) en tubería plástica Fp = 0.8, $\Delta V = 4\%$

a) Selección por capacidad de corriente.

Por tanteo, asumiendo el máximo calibre, que se puede obtener con facilidad en el mercado.

La capacidad del calibre # 500 MCM = 380 Amp.

Aislamiento TTU = THW en comportamiento eléctrico.

Dato de referencia: $I = \frac{1250}{0,82} = 1524\, A \quad Ft = 0,82 \;\text{ Para } 45°C$

Asumiendo una bancada de 8 tuberías resulta un factor de corrección (F_b) de un valor:

$$I_{Corregida} = \frac{1524}{0,89} = 1712 \;\; Amp$$

$$I_{por\ juego\ de\ terna} = \frac{1712}{8} = 214 \;\; Amp,$$

Resultando 3#4/0 para juego de terna.

b) Por caída de tensión:

$$F_1 = \frac{4}{2} = 2 \qquad F_1 = 1$$

$$CD = \frac{214 \times 38}{2} = 4066 \;\; A \cdot m$$

Según tablas corresponde el 1/0.
Resultando: 3#1/0 por juego de tema.

c) Solución definitiva para esta situación 3#4/0 Cu-THW por juego de tema

d) Obtención del Neutro

I = 1712 Amp. (corregida anteriormente)

$$I_N = 200 + 0{,}7 \times 1512 = 1258 \text{ Amp} \quad (I_N = \text{Corriente del Neutro})$$

$$I_N \times \text{Juego de Terna} = \frac{1258}{8} = 157{,}3 \cong 158 \text{ Amp}$$

Por capacidad de corriente resulta: #2/0

Por caída de tensión resulta: $CD = \frac{158 \times 38}{2} = 3002 \text{ Amp}, \ \#2$

Solución definitiva para el neutro: 1 # 2/0

e) Solución final, para un juego será: 3#4/0 + 1#2/0, en tubería 1Ø3”

Luego para 8 temas resulta finalmente:

24#4/0 + 8#2/0) Cu - THW en 8 Ø3” PVC

f) Protección general

$$Ip = \frac{1250 + 8 \times 230}{2} = 1545 \text{ Amp}$$

Resultando: 3 x 1600 Amp., para 240V. (Tamaño comercial)
Tierra # 4/0 Cu-TW (verde).

EJEMPLO N° 5.

Determinar el tamaño del ducto plástico para contener los siguientes conductores: Aislamiento TW para 600V de cobre. Se establecerá que el tubo será ocupado al 41 % de su sección recta.

Los calibres de los conductores y número son los siguientes:
4#12 + 6#8 + 7#1/0 + 3#2 (la obra es nueva)

a) Según la tabla para selección diámetro de tubos en Apéndice A: (Véase Tabla N° 15 del Apéndice). Combinación de conductores de distintos calibres en tuberías para trabajos nuevos).

4 # 12	⟶	0,1536 Plg^2
6 # 8	⟶	0,4560 Plg^2
7 # 10	⟶	2,1749 Plg^2
4 # 12	⟶	0,6201 Plg^2
Total=		3,4046 Plg^2

con 41 % de ocupación corresponde 5,09 > 3,4046, por consiguiente, el diámetro sería 4" PVC.

CAPITULO VII

DISEÑO DE CANALIZACIONES Y PROTECCIONES PARA SISTEMAS DE FUERZA

7.1 GENERALIDADES

Con la finalidad de conocer los criterios de selección de las canalizaciones eléctricas para motores, se hará un enfoque general del tema. Las instalaciones eléctricas para motores dependerán sus características del tipo y categoría de la edificación que se trate. Dentro de estos tipos de construcciones se encuentran los siguientes:

- Industria pesada: tales como metalúrgica y procesamiento de metales y canteras.
- Industrias livianas: proceso de pequeñas unidades.
- Pequeña y Mediana Industria: Manufacturas menores en pequeña escala.
- Talleres: trabajos de reparación y mantenimiento.
- Edificios residenciales: para alquiler o venta.
- Edificios comerciales u oficinas: similar al anterior.
- Edificios de hospitales: ambulatorios, clínicas, etc.
- Varios: complejos deportivos y recreacionales.

Dentro de la clasificación anterior, trataremos lo relacionado a edificios residenciales, que resultará similar para instalaciones en edificios, oficinas y comercios.

A nivel residencial, considerando una vivienda unifamiliar, se pueden presentar casos de instalación de motores para usos especiales, tales como: bombas para extracción de aguas blancas o negras, según el tipo de construcción. Si el sistema de aguas blancas lo exige, se presentarán casos de equipos hidroneumáticos, el cual está compuesto de un dispositivo mecánico accionado por un motor eléctrico, que puede ser un émbolo o centrífuga, acoplada por tuberías a un estanque subterráneo por un lado y, por el otro, a, un tanque superficial donde se inyecta el agua con aire a presión. En la medida que se consume el agua en la vivienda o grupo de viviendas, la presión baja hasta cierto límite, en que vuelve a arrancar la bomba para inyectar más agua a presión hasta la presión máxima establecida. La capacidad de estos motores es en función del caudal de agua que manejen.

También se pueden presentar, en una vivienda unifamiliar, motores de extractores y equipos de aire acondicionado, bien sea de ventana o central. En el caso de edificios, los requerimientos de servicio hace que se instalen unidades para: ascensores, montacargas, ventiladores, extractores, bombas para aguas blancas, aguas negras y de lluvia; compresores, sistemas de aire acondicionado central o individual. La diferencia entre las instalaciones de motores para edificios residenciales, de oficinas, comerciales, de industrias y de otro tipo, es que en los primeros no existe personal para mantenimiento permanente. A menos que sea un edificio comercial o de oficinas de una gran empresa, que disponga del personal capacitado y contratado especialmente para ejecutar trabajos de mantenimiento. En un edificio residencial, las instalaciones eléctricas deben ser sencillas, de fácil manejo para conexión y desconexión de los equipos y los tableros deben ser blindados para más seguridad del personal que lo maneje (conserje). La existencia o no de instrumentos será optativo, pero se considera innecesario en estos casos.

7.2 CANALIZACIONES PARA MOTORES.

La alimentación de un moto eléctrico está condicionada por las características de funcionamiento del mismo. Se tendrán que definir: el tipo de alimentación, sistema monofásico o trifásico, en 120V, 208V, 240V, 480V o más; la frecuencia, los caballos de fuerza y otras características que se indicarán más adelante. (Ver ejemplos de conexiones en el aparte 7.6).

Conforme a la potencia de cada motor, número de equipos y disposición de los mismos dentro de un área considerada, se pueden distinguir tres casos de distribución de motores, los cuales son:

7.2.1. Instalación de pequeños motores

Estos son de menos de 1 HP, equipos, herramientas de banco o similares. No requieren protección individual; se puede utilizar un dispositivo de conexión, con fusible "tipo Ticino" o similar, y tomacorriente convencional con su puesta a tierra y conexión del equipo herramienta. Por lo general, el circuito se alimentará en 120V, 2 hilos para 15 Amp. ó 30 Amp., según las necesidades. En la figura N° 46, M1, M2, M3, M4, se ilustran los motores con su dispositivo de desconexión, el circuito tendrá su protección de sobrecorriente (PSC) y la representación de CCM, en el centro de control de motores o tablero de área.

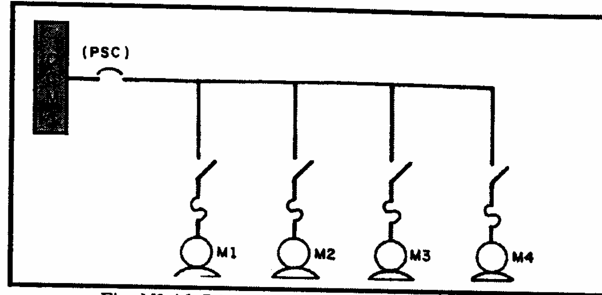


Fig. N° 46. Distribución para motores pequeños

7.2.2. Instalación de motores medianos

Para el caso de motores de 1 HP en adelante y recomendado hasta 20 HP para actividades similares. Cada unidad requerirá de un dispositivo de desconexión y protección de sobrecorriente, tal como un interruptor termomagnético; adjunto irá el dispositivo de arranque acoplado con protección de sobrecarga, tal como se ve en la Figura N° 47.

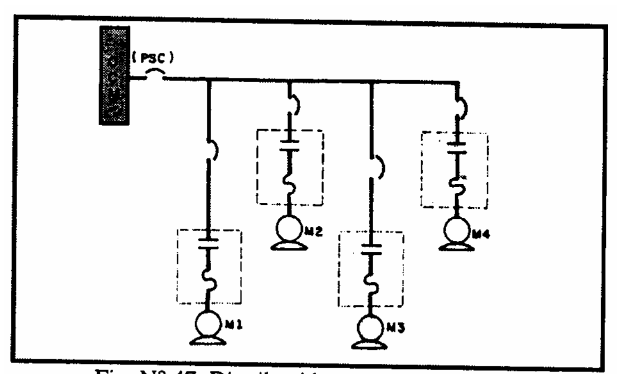


Fig. N° 47. Distribución para motores medianos.

El circuito podrá alimentarse en 208V, 240V, 480V, monofásico o trifásico y estará protegido con la (PSC). En este tipo de distribución, el circuito troncal de trazo grueso en la Figura, tendrá un calibre mayor que cada una de las derivaciones a cada motor, y estos se definirán en base a su corriente nominal o, en su defecto, por caída de tensión en base a su longitud.

7.2.3. Instalación de motores grandes

Para el caso de motores mayores de 20 HP, o cuando se considere conveniente por razones de operación del proceso, se utilizará una instalación donde cada motor esté alimentado en forma independiente desde el panel de fuerza. En la Figura N° 48 se presenta el caso mencionado. Los circuitos a la salida del (CCM) poseen un dispositivo de sobrecorriente (PSC) para protección de cada uno. Al llegar al sitio

donde está ubicado el motor, se dispone una protección de sobrecorriente y desconexión, que servirá de respaldo al de sobrecarga, unido al dispositivo de arranque de la unidad. Estos motores, por su capacidad, serán trifásicos en 208V o bien 480V de inducción o sincrónicos, según los requerimientos en el área.

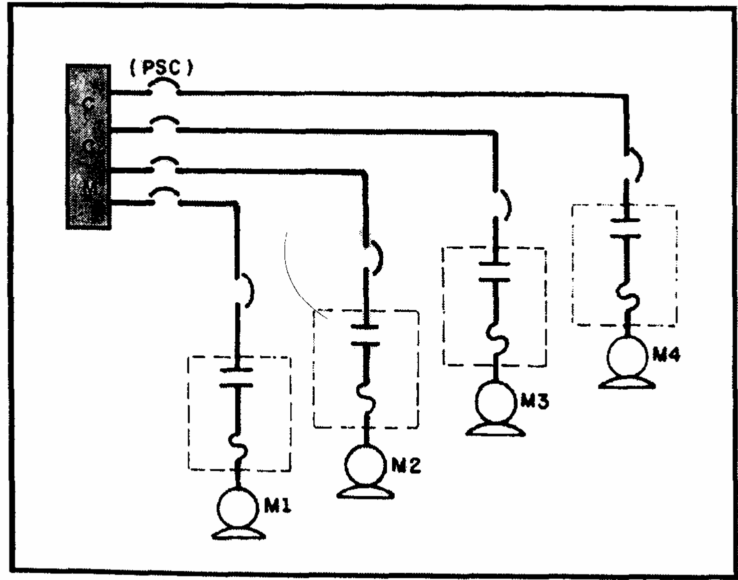


Fig. N° 48. Distribución para motores grandes.

7.3 IDENTIFICACIÓN DE UN MOTOR

Todo motor trae de fábrica, en su placa rotulada según lo establece el CEN en la sección 430.7, lo siguiente:

- Nombre del fabricante.
- Tensión nominal en voltios e intensidad nominal a plena carga en amperios.
- Frecuencia nominal y número de fases para motores de corriente alterna.
- Velocidad nominal a plena carga.
- Aumento nominal de temperatura o clase de los aislantes y temperatura ambiente nominal.
- Régimen nominal de tiempo. El régimen nominal de tiempo será 5, 15, 30, 60 minutos o continuo.
- Potencia nominal del motor expresado en HP.
- Letra de Código para corriente alterna de potencia de más de ½ HP.
- Otros, como protección térmica incorporada, protección por impedancia, etc.

El Código KVA/HP es la relación que indica la potencia absorbida por el motor en caso del rotor bloqueado. A cada letra le corresponde un intervalo de valores de la misma, tal como se muestra en la Tabla 430-7B del CEN. Esta letra será utilizada para determinar las características de las protecciones de sobrecorriente y fallas a tierra de un motor de los circuitos ramales. Debido al alto valor de la corriente en el momento de arranque, en los motores existen varios procedimientos para lograr la puesta en marcha, tal como se indica a continuación:

En primer lugar está el Arranque a pleno voltaje: En el cual se conecta el motor directamente a las líneas del circuito alimentador. Este método implica un bajo costo en la instalación y mínimo mantenimiento. Si se utiliza con cualquier motor, resulta un alto torque de arranque, lo cual puede en algunos casos ser una ventaja o una desventaja.

Arranque con resistencia o reactor: (a voltaje reducido), se intercala la resistencia en serie con el motor sólo en el momento del arranque.

El costo de instalación se considera mediano, arranque suave, pero las pérdidas serán considerables por efecto Joule en el arranque, además el torque en ese instante será bajo.

Arranque por auto-transformador: (a voltaje reducido), se logra un valor del 50%, 65% y 80% de la tensión nominal. Este método implica un bajo costo, excelente para cargas pesadas y se puede utilizar con cualquier motor. En cambio, resulta un arranque un poco brusco que en ocasiones podría provocar daños al rotor.

Arranque en estrella-delta: El proceso de arranque comienza con las bobinas del motor conectadas en estrella, pasando luego a delta por medio de un juego de seccionadores. Este método resulta económico dado que se presenta una corriente de arranque reducida. Por otro lado, el torque inicial es bajo.

Finalmente está el **Arranque fraccionado:** El motor se pone en marcha con parte del embobinado conectado y, luego, se conecta el resto para una operación normal. El costo es bajo, al igual que la corriente inicial y el mantenimiento es reducido, pero no es adecuado para los arranques frecuentes. Cuando se parte con toda la carga aplicada, puede resultar que en los primeros momentos no se logre la velocidad nominal.

7.4 SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Para los efectos de seleccionarlos conductores de. los circuitos que alimentan motores, habrá que observar las normas establecidas en el CEN, sección 430-22, 23 y 24 (véase apéndice A.6), tal como se indica a continuación:

- **Caso de un solo motor: la corriente de diseño para la selección del conductor, tendrá un valor del 125% de la corriente nominal a plena carga del equipo.**

- En el caso del alimentador de dos motores: **la corriente de diseño para la selección de los conductores del circuito, se obtendrá con la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los motores más el 25 % de la corriente a plena carga del motor mayor.**

Las normas antes señaladas sólo se refieren a la selección por capacidad de corriente. Pero debe recordarse que, en el Capitulo VI, se indicó el criterio a seguir para la selección de conductores. Habrá, por consiguiente, que hacer la comprobación por caída de tensión utilizando el valor de corriente de diseño, según lo establece el CEN. La solución definitiva será la que resulte más desfavorable, o sea, la sección de conductor mayor. En aquellos casos donde los ramales que alimentan motores tienen longitudes muy cortas, se podrán considerar las distancias aproximadamente cero ($d \approx 0$) por consiguiente, también lo será á $\Delta V \approx 0$ y la solución se obtendrá sólo por capacidad de corriente.

Respecto a la caída de tensión máxima permisible, ya se ha mencionado en el Capítulo VI, los niveles máximos establecidos para todo tipo de equipos. Deberá tomarse en cuenta, en el momento de diseño de alimentadores de motores, la posible, expansión de la carga, previniéndose cierta reserva. Con criterio económico, se podría fijar entre un 10% y 20% conforme a las necesidades futuras.

Otro punto que tiene relación con el diseño de circuitos alimentadores, o de centro de control de motores, es el que tiene que ver con "factores de demanda". (Este concepto se tratará detalladamente en el Capítulo VIII). Por lo general, los factores de demanda se aplican cuando se está en presencia de varios motores, a partir de tres o más.

En el caso de vivienda unifamiliar, no se aplicará, pues el número de motores es bajo, salvo cuando estamos en presencia de varios equipos de aire acondicionado, como es el caso también de un edificio residencial. El CEN, en la sección 440, establece descripciones para equipos de aire acondicionado. Se acostumbra a veces, en edificios, instalar dos o tres equipos de bombeo, para realizar un mismo trabajo en iguales condiciones. En este caso de ascensores, montacargas, etc., se tendrá en cuenta lo indicado en el CEN, en la sección 430-22. Allí se indica la corriente en tanto por ciento de la nominal, conforme al tipo de servicio que presta el motor considerado, dato de interés para los efectos de diseño.

A título de referencia, se indica a continuación, en la tabla N° V, factores de demanda para motores, la cual debe aplicarse con muy buen criterio. Se recomienda realizar previamente un estudio exhaustivo del comportamiento de la carga.

7.5 SELECCIÓN DE PROTECCIONES

Para los fines de seleccionar las protecciones adecuadas para los circuitos y motores deberá observarse lo señalado por el CEN en la sección 430-31 al 430-145, de obligatorio cumplimiento.

En primer término, para "motores de servicio continuo con más de 1 HP, el dispositivo de sobrecarga separado" tendrá las características siguientes: (*)

TABLA N° V
FACTORES DE DEMANDA Y SIMULTANEIDAD

Tipo de Motor	Factor de Demanda F.D. en %	Factor de Simultaneidad en %		
		5 Motores	10 Motores	20 Motores
De 0.5 a 2.0 KVA	100	80	60	50
De 2.5 a 10 KVA	70	80	40	60
De 10.5 a 30 KVA	80	80	65	50
Más de 30 KVA	80	70	60	55
Grúas y Montacargas	80	40*	40*	20**

(*) De 4 a 7 Unidades
(**) De 2 a 3 Unidades

Motores con factor de servicio no menor a 1.15 (Corriente nominal)	Id = 125% In
Motores con temperatura no mayor de 40° C	Id = 125% In
Todos los demás motores	Id = 115% In

En el caso de **"un motor con protector térmico que sea parte integral del motor",** se establece que la corriente de interrupción no sea mayor de la que se indica a continuación:

Motores con corriente no mayor de 9 Amp.	Id= 170% In
Motores con corriente entre 9 y 20 Amp.	Id= 156% In
Motores con corriente mayor de 20 Amp.	Id=140% In

Cuando se tengan **"motores con potencias no mayores de 1 HP con arranque no automático,** se considera que el motor está protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuito y fallas a tierra del circuito ramal. **Para motores con potencias no mayor a 1 HP con arranque automático,** la protección de sobrecarga se obtiene conforme a lo indicado a continuación:"

Motores con factor de servicio no mayor de 1.15	Id= 170% In
Motores con aumento de temperatura menor de 40°C	Id= 125% In
Todos los demás motores	Id=115% In

En el caso de **"selección de medios de desconexión para aquellos circuitos alimentadores de motores,** el CEN, en la sección 430-110, establece que, para tensiones menores de 600V, dichos equipos **tendrán** una capacidad **de corriente mínima del. 115 % de la corriente nominal del motor a plena carga"**.

En cuanto a la selección de la **"protección de sobrecorriente de circuitos ramales de motores",** se procederá de la forma siguiente: Cuando se trate de un solo motor, conociendo el tipo de sistema de arranque, letra de código KVA y características de funcionamiento del mismo, se podrá seleccionar en la Tabla N° 430-152 del CEN, las capacidades máximas de corriente de dispositivos contra cortocircuitos y fallas a tierra de circuitos ramales.

* CEN: Sec. 430-32, 33 y 34

Conforme a los requerimientos y procedimientos vistos en este capítulo, se hará previamente una selección del tipo de protección deseado, para luego determinar la corriente de diseño que se obtendrá, al escoger el tanto por ciento de la corriente a plena carga del motor empleado.

Cuando se trate de seleccionar "la protección de sobrecorriente, para un circuito ramal que alimenta un grupo de motores, se procederá así: **“La corriente de diseño se determina, como la suma de la corriente de** la protección **del motor mayor, más la suma de las corrientes nominales del resto de los motores. (CEN 430-62)”.**

7.6 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS Y CANALIZACIONES Y PROTECCIOINES DE MOTORES.

Finalmente, habiendo visualizado todos los criterios necesarios para la escogencia de las diferentes partes de una instalación eléctrica para motores, se procederá a señalar los pasos a seguir para lograr el cometido trazado.

En primer lugar, conociendo las características de funcionamiento, indicadas en la sección 7.3, se determinará la corriente nominal de los motores a partir de las tablas N° 430, 147, 148, 149 y 150 del CEN, ubicadas en la sección 430. A continuación se obtiene el calibre del conductor conforme a los criterios establecidos en la sección 7.4. Deberá tomarse en cuenta . qué tipo de conductor se escogerá conforme al ambiente, tipo de instalación, etc. Por lo general, para motores, se prefiere el conductor de cobre con aislamiento THW. Una vez determinados los conductores activos y de puesta a tierra, se selecciona el diámetro de la tubería por los métodos ya conocidos. El paso siguiente consistirá en obtener las protecciones a nivel del motor y del alimentador por sobrecarga y sobrecorriente, respectivamente, aplicando los conocimientos esbozados en la parte anterior.

Es conveniente elaborar una tabla donde se. vayan asentando los resultados obtenidos, a fin de lograr cierto orden y facilidad en el proceso de cálculos.

7.7 EJERCICIOS PRÁCTICOS

A continuación se presentan algunos ejemplos ilustrativos donde se determina el conductor de alimentación a motores, cable de puesta a tierra, diámetro de tuberías o canales y protecciones requeridas, según sea el caso planteado.

EJEMPLO N° 1

Las conexiones de motores se realizan de acuerdo al tipo de motor requerido para ejecutar una labor, bien sea en un proceso industrial, o bien si se trata de maquinarias o herramientas. En primer lugar, se escoge el tipo de motor conforme a las necesidades y, luego, se diseña el tipo de alimentación o canalización eléctrica requerida. Por consiguiente, las conexiones posibles son las indicadas en gráficos a continuación:

a) MOTORES MONOFÁSICOS

Con tensiones aplicadas y obtenidas de distribución de dos fases y neutro.

Las tensiones aplicables normalizadas son: 120V, 127V, 208V, 220V, 240V y 277V.

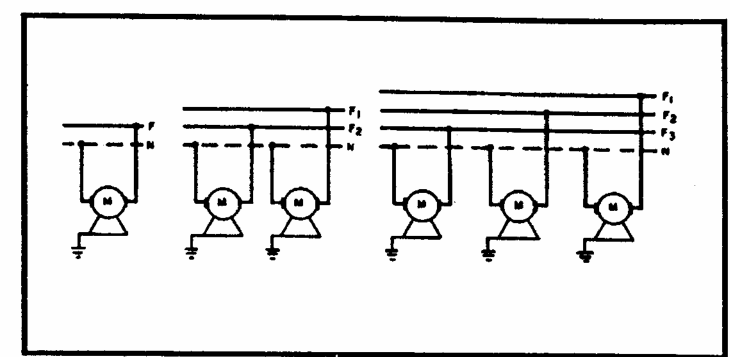


Fig. N° 49. Conexiones posibles de motores monofásicos.

b) MOTORES MONOFÁSICOS

Con tensiones aplicadas y obtenidas de un sistema de distribución de dos o tres fases.

Las tensiones aplicables normalizadas son: 220V, 240V, 416V y 480V.

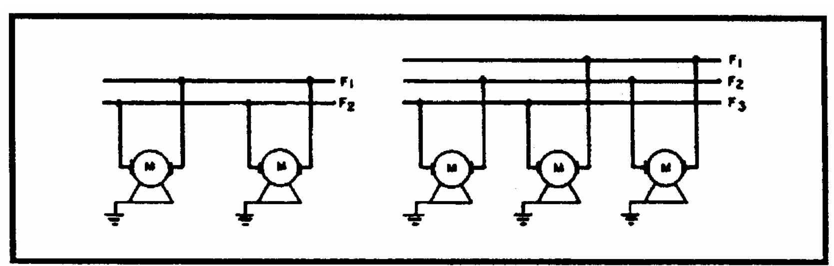


Fig. N° 50 Conexiones posibles de motores monofásicos con otras tensiones aplicadas.

c) MOTORES TRIFÁSICOS

Con tensiones aplicadas y obtenidas de un sistema de distribución trifásico.

Las tensiones aplicables normalizadas son: 208V, 220V, 240V, 416V y 480V.

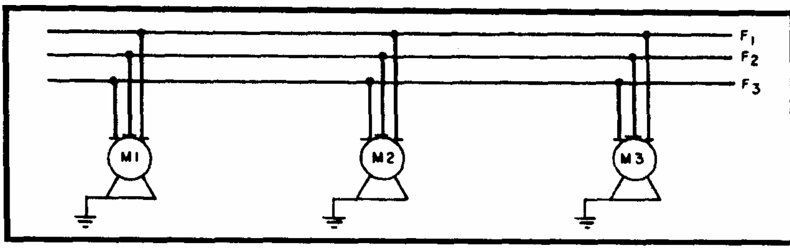


Fig. N° 51. Conexiones posibles de motores trifásicos.

Observando los gráficos anteriores, se puede apreciar que, en el caso a), existe un neutro, requerido para obtener el sistema de tensión de alimentación deseado. En el caso b) y c), el neutro está ausente, pues no es necesario para alimentar los motores; por consiguiente, en una canalización eléctrica para motores, sólo será necesario instalar el hilo neutro en aquellos casos que lo requiera el sistema de tensión del motor, o bien para otros fines, tales como para alimentar dispositivos de protección, control o maniobra, que funcionen con una tensión de fase neutro (120V, 277V u otro nivel de tensión que requiera neutro).

Es necesario recordar que no deberá faltar el conductor para conectar a tierra el motor requerido. Este podrá ir en la misma canalización de alimentación que viene del tablero, o bien por otra independiente que estará conectada al sistema de tierra.

EJEMPLO N° 2

Se tiene un grupo de motores, como el mostrado en la Figura N° 46, todos con capacidad máxima de 1 HP en 115V monofásicos y son de arranque no automático; por consiguiente, se considerarán protegidos contra sobrecarga, por el dispositivo de protección contra cortocircuito y falla a tierra, del circuito ramal. Cada motor tendrá un dispositivo de desconexión, con capacidad no menor al 115% de la corriente del motor plena carga.

Motor M1:

Capacidad: ¾ HP (Dato del problema).
Corriente a plena carga I = 13,8 Amp. (Apéndice A.6, Tabla N° 32)
Corriente de selección del Conductor Ic = 13.8x1.25 = 17.25 Amp.

Para los fines de seleccionar el conductor, se debe escoger la alternativa más desfavorable entre la capacidad de corriente y caída de tensión. En este caso, dado que las distancias correspondientes a las derivaciones y de éstas al centro de control de motores (CCM), se consideran despreciables, sólo se tomará en cuenta la capacidad de corriente.

Conductor:	2#12 de cobre THW
Tubería:	1Ø ½" EMT (Véase tablas Apéndice A)
Dispositivo Desconexión:	I = 13.8 x 1.15 = 15.87 Amp.
Tamaño Comercial:	1 x 20 Amp. (Apéndice A.6 Tabla N° 31)

Conductor de puesta a tierra 1#12 de cobre (Véase tabla N° 11, Apéndice A.2). Puede ser desnudo o aislado, sólido o trenzado si así lo desea.

Motor M2

Capacidad:	1HP (Dato del problema).
Corriente a plena carga:	I = 16 Amp.
Corriente Conductor:	Ic = 16 x 1.25 = 20 Amp.
Conductor:	2#12 de cobre THW
Tubería:	1 Ø ½" EMT
Dispositivo de Desconexión:	I = 16x1.15 = 18.4 Amp.
Tamaño Comercial:	1x20 Amp.
Conductor puesta a tierra:	1#12 de obre.

Motor M3

Capacidad:	¼ HP (Dato del problema).
Corriente plena carga:	I = 5,8 Amp.
Corriente Conductor:	Ic = 5,8 x 1,25 = 7,25 Amp.
Conductor:	2#14 de cobre THW
Tubería:	1 Ø ½" EMT
Dispositivo de Desconexión:	I = 5,8 x 1,15 = 6,67 Amp.
Tamaño Comercial:	1 x 15 Amp.
Conductor puesta a tierra:	1#14 de cobre.

Motor M4

Capacidad:	½ HP (Dato del problema).
Corriente plena carga:	I = 9,8 Amp.
Corriente Conductor:	Ic = 9,8 x 1,25 = 12,25 Amp.
Conductor:	2#14 de cobre THW
Tubería:	1 Ø ½" EMT
Dispositivo de Desconexión:	I = 9,8 x 1,15 = 11,27 Amp.
Tamaño Comercial:	1 x 15 Amp.
Conductor puesta a tierra:	1#14 de cobre.

SELECCIÓN DEL SUBALIMENTADOR

Corriente de selección del conductor:

$$Ic = 1{,}25 \cdot I_{\text{motor mayor}} + \sum I_{\text{i motores restantes}}$$

$$Ic = 20 + 13.8 + 5.8 + 9.8 = 49.4 \text{ Amp.}$$

Conductor:	2#6 de cobre THW
Conductor de tierra:	1#10 de cobre
Tubería:	1 Ø1" EMT

SELECCIÓN DE LA PROTECCIÓN DEL SUBALIMENTADOR (PSC)

$$I_{\text{protección}} = I_{\text{protección mayor}} + \sum Ii_{\text{motores restantes}}$$

$$I_p = 20 + 13{,}8 + 5{,}8 + 9{,}8 = 49{,}4 \text{ Amp.}$$

Tamaño Comercial: 1 x 50 Amp.

EJEMPLO N° 3

En este caso se tiene un grupo de motores medianos, como el mostrado en la Figura N° 47, el cual se detalla numéricamente en el esquema eléctrico de la Figura N° 52.

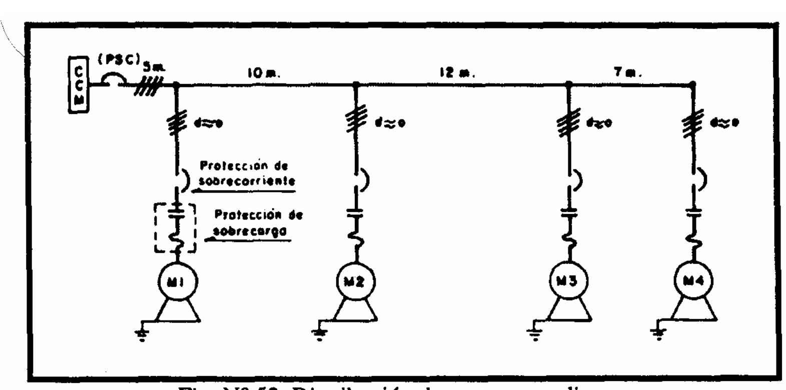


Fig. N° 52. Distribución de motores medianos.

Todos los motores son de inducción para corriente altena, a 2 fases en 230V y el funcionamiento será para servicio continuo.

Las protecciones de sobrecorriente serán automáticas de tiempo inverso. Las protecciones de sobrecarga irán separadas del equipo con factor de servicio de 1.15. Cada motor tiene las características siguientes:

Motor	Capacidad	Letra de Código	Característica o tipo de arranque
M1	3 HP	E	Jaula de Ardilla
M2	10 HP	B	Jaula de Ardilla
M3	7 ½ HP	Sin letra	Rotor Bobinado
M4	5 HP	R	Rotor Bobinado

En este caso, se va a determinar el calibre de los conductores (Cobre THW) de alimentación y de tierra, diámetro de la tubería Conduit requerida, protecciones de sobrecarga y sobrecorriente para las derivaciones y el subalimentador del grupo de motores. El factor de potencia de todos los motores se considera Fp = 0.8 y se permitirá una caída de tensión del 3% como máximo.

SOLUCIÓN

Motor M1:

Corriente a plena carga I = 17 Amp. (Apéndice A.6, Tabla N° 32)
0412-4348368
La distancia de las derivaciones se consideran aproximadamente cero, o despreciables; por consiguiente, la selección del conductor se hará por simple capacidad de corriente.

Corriente del conductor Ic = 17 x 1.25 = 21.25 Amp.

Conductores 2#12 cobre THW

Conductor puesta a tierra: 1#12 de Cobre (Nunca mayor que las fases) Tubería para 3 conductores #12: 1Ø ½" Conduit galvanizado.

Protección de sobrecarga: Para un factor de servicio de 1.15 corresponde un factor del 125% In o sea 21.25 Amp. (Apéndice A.6, Tabla N° 35)

El tamaño comercial será: 2x25 Amp.
(Para el par de conductores de alimentación)

Protección de sobrecorriente: Según la Tabla N° 34 del Apéndice A.6 para interruptores automáticos de tiempo inverso, la ISC será.

Isc = 250% de In

Isc = 2.5 x 17 = 42.50 Amp.

Tamaño comercial: 2 x 50 Amp.

Motor M2:

Corriente plena carga: In = 50 Amp.

Corriente del conductor: Ic = 50 x 1.25 = 62.50 Amp.

Conductores 2#6 cobre THW

Conductor puesta a tierra 1#6 de cobre TW (verde)

Tubería: 1Ø ¾" Conduit galvanizado

Protección de sobrecarga: Para I_{SCA} = 63 Amp.

Tamaño comercial: 2x70 Amp.

Protección de sobrecorriente: I_{sc} = 250% In = 2.5 x 50 = 125 Amp. Tamaño comercial: 2x 125 Amp.

Motor M3:

Corriente plena carga: In = 40 Amp. Corriente Ic = 40 x 1.25 = 50 Amp. Conductores 2#8 cobre THW

Conductor puesta a tierra 1#10 de cobre TW (verde)

Tubería: 1 Ø ¾" Conduit galvanizado

Protección de sobrecarga: Para I_{SCA} = 50 Amp.
Tamaño comercial: 2x50 Amp.

Protección de sobrecorriente: I_{SC} = 150% In = 1.5 x 40 = 60 Amp. Tamaño comercial: 2x60 Amp.

Motor M4:

Corriente plena carga: In = 28 Amp.

Corriente del conductor: Ic = 28 x 1.25 = 35 Amp.

Conductor puesta a tierra 1#10 de cobre TW (verde)

Tubería: 1 Ø ¾" Conduit galvanizado

Protección de sobrecarga: Para I_{SCA}= 35 Amp.
Tamaño comercial: 2x35 Amp.

Protección de sobrecorriente: I_{SC} = 150% In = 1.5 x 28 = 42 Amp.
Tamaño comercial: 2x50 Amp.

SUBALIMENTADOR

$$\text{Corriente Ic} = 1{,}25 \cdot \text{In}_{\text{motor mayor}} + \sum \text{In}_{\text{motores restantes}}$$

Ic = 1.25 x 50 + 21,25 + 40 + 28 = 151,75 Amp.
Conductor: 2# 2/0 cobre THW, por capacidad de corriente.

La selección por caída de tensión se obtiene de la forma siguiente:

La capacidad de distribución (CD), tomando el momento eléctrico desde los puntos de aplicación de las cargas en amperios o KVA por la distancia en metros hasta el tablero (CCM).

$$CD = L_{C1} \cdot L_1 + L_{C2} \cdot L_2 + L_{C3} \cdot L_3 + L_{C4} \cdot L_4$$
$$CD = 17 \times 5 + 50 \times 1{,}25 \times 15 + 40 \times 27 + 28 \times 34 = 3054{,}50 \ \text{A} \cdot \text{m}$$

hay que considerar dos factores de corrección que afectan al CD, antes de comparar su valor con los de las tablas del Apéndice A.2, para lograr el calibre del conductor. Se considera F_2 = 1.00 para sistemas de tensión de 230 = 240V, (Tabla N° 2, Apéndice A.2).

Luego, para una caída de tensión de 3%, resulta: $F_1 = \frac{3}{2} = 1{,}5$

Entonces: $CD_{real} = \frac{CD}{F_1 \times F_2} = \frac{3054,50}{1,5 \times 1} = 2036,33\ A \cdot m$

De la tabla Nº 4, para conductores de cobre TTU = THW, ductos magnéticos (metálicos) y Fp = 0,8, resulta un conductor #4, dado que posee una CD real de 2481 > 2036,33 Am.

La caída de tensión real será: $\%\Delta V = \frac{2036,33}{2481} \times 3\% = 2,46\%$

La solución definitiva será 2 # 2/0 cobre THW (la más desfavorable entre # 4 por CD y # 2/0 por capacidad de corriente).

El conductor de tierra: 1 # 6 de cobre TW (verde). Tubería: 1 Ø 2" Conduit galvanizado.

Protección de sobrecorriente: Procediendo como en el ejemplo N°2, se tiene:

I_{SC} = 125 + 17 + 40 + 28 = 210 Amp.

El tamaño comercial es: 2 x 225 Amp.

EJEMPLO N° 4

Para un grupo de motores grandes, tal como se ilustra en la figura N° 48, el esquema eléctrico es el siguiente: (Véase Figura N° 53).

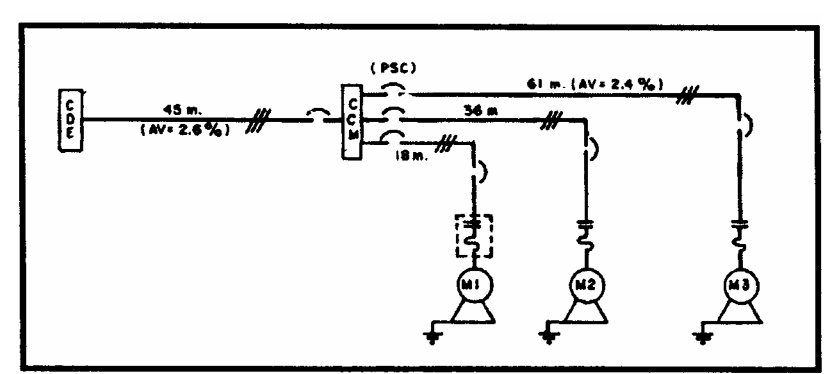


Fig. N° 53. Distribución de motores grandes.

Desde un cuadro de distribución eléctrica (CDE), se alimenta el (CCM) con un circuito de 45 m de longitud, en el cual se permitirá una caída de tensión máxima de 2,6%. Desde (CCM) salen 3 circuitos individuales a cada motor, en estos tramos se permitirá una caída máxima de tensión del 2,4%. Los motores son trifásicos, 208V de funcionamiento continuo. Las protecciones de sobrecarga irán separadas del equipo con factor de servicio no menor de 1,15. Las protecciones de sobrecorriente serán automáticas. Cada motor tiene las características siguientes:

Motor	Capacidad	Letra de Código	Característica o tipo de arranque	Protecc. Sobrecorr.
M1 (Inducción)	10 HP	S/Letra	Jaula de Ardilla	Tiempo Inverso
M2 (Inducción)	40 HP	E	Rotor Bobinado	Tiempo Instantáneo
M3 (Sincrónico)	100 HP	A	Síncronos #	Tiempo Inverso

TABLA N° VI
RESULTADOS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA FIGURA 53

COMPONENTES	MOTORES		
	M1	M2	M3
HP	10	40	100
I (Tabla) Amps	30.8	114	202
F.V.	1.10	1.10	1.10
F(fp)	1.00	1.00	1.25
In=I.F.V.F(fp)	30.8	114	277.75
1.25In	38.5	143	347.19
CONDUCTOR:			
Por I	8	1/0	2 # 4/0 *
Por caída	10**	1/0	2 # 350 MCM
Definitiva	3 # 8	3 # 1/0	6 # 350 MCM
Tierra	# 8	1/0	1 # 2
TUBERÍA (∅)	1"	2"	5"
PROTECCIONES:			
Sobrecarga			
ISCA	38.5	143	347.19
TC (Amp)	40A	150A	350A
Sobrecorriente			
ISC (Amp)	2.5x30,8 =77	8 x 114 = 912	1.5 x 277.75 = 416.63
TC (Amp)	80	1000	500

Fv: Factor de corrección de tensión de 230V de tabla a 208V de servicio (1.1)
Ffp: Factor de corrección solamente por factor de potencia del 80% motores sincrónicos.
(*) Tomando dos conductores por fase y aplicando factor de Tabla N° II (Capítulo V).
(**) Selección por caída de tensión $CD = \dfrac{38.5 \times 18}{\frac{2.4}{2.0} \times 1} = 578$ Am

Determinar todos los calibres de conductores (Cobre THW) tubería EMT galvanizada, las protecciones de sobrecarga y sobrecorriente para todo el conjunto indicado en el esquema anterior. El factor de potencia considerado para todo el conjunto es el del 80%.

SOLUCIÓN:

Los resultados se presentarán directamente en forma tabulada, a fin de sintetizar el procedimiento de cálculo (Véase Tabla N° VI).

SUBALIMENTADOR:

$Ic = 347{,}19 + 30{,}8 + 114 = 492{,}99$ Amp; $\dfrac{I_C}{2} = 246{,}50$ Amp.

Por capacidad de corriente: 2 # 250 MCM x fase.

Por caída de tensión: $CD = \dfrac{492{,}99 \times 45}{1{,}3} = 17065{,}04 \ A \cdot m$

$\dfrac{CD}{2} = 8533 \ A \cdot m$; resultando 2 # 4/0

La solución definitiva será: 6 # 250 MCM - Cu THW Tubería 2 Ø 3" EMT. (1 tema en cada tubo)

En caso de colocar todos los conductores en un solo tubo habría que recalcular aplicando el factor de la Tabla N° II (Capitulo V) a la Ic del subalimentador.

La protección de sobrecorriente será:

I_{SC} = 1000 + 277.75 + 30.80 = 1308.55 Amp.

El tamaño comercial resulta ser: 3 x 1600 Amp.

EJEMPLO N° 5.

Se desea localizar cuál será el sitio económicamente, más apropiado para localizar un Centro de control de Motores (CCM), el cual alimentará a un grupo de 6 motores ubicados en un galpón industrial tal como se indica

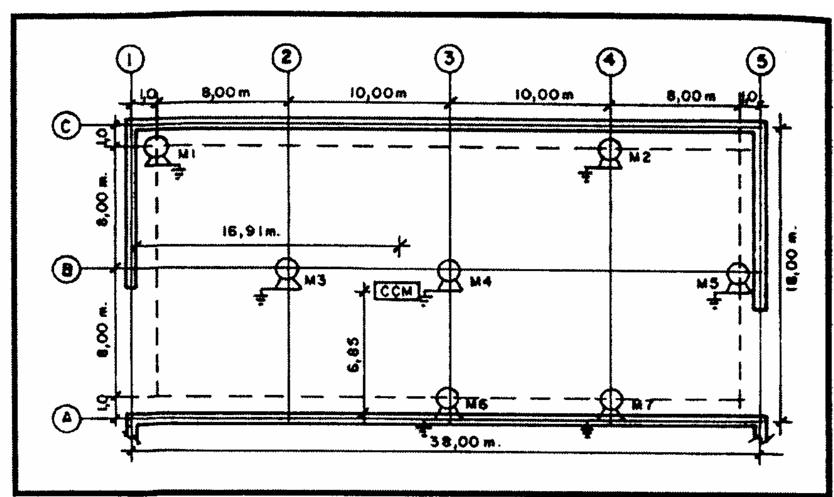


Fig. N° 54. Conjunto de motores y la ubicación óptima del (CCM).

Para poder solucionar el problema, se asume que en 0 está el origen de un sistema de coordenadas XY. Siendo Y el sentido del eje estructural (1) y X el de A. Los motores poseen una capacidad en HP según se indica a continuación:

Motor	Capacidad	Motor	Capacidad
M1	25 HP	M5	15 HP
M2	6 HP	M6	75 HP
M3	40 HP	M7	10 HP
M4	30 HP		

Tomando el momento eléctrico respecto al origen, se debe cumplir que:

$$HP_T \cdot Le = \sum_{i=1}^{n} HP_i \cdot \sum_{i=1}^{n} L_i \qquad (1)$$

Donde:

HP_T = Son los HP totales del conjunto de motores.
Le = Longitud equivalente donde estarían situados los HPT equivalentes.

Aplicando la (1) al eje X resulta:

$$Lex = \frac{HP_1 \cdot Lx_1 + HP_2 \cdot Lx_2 + HP_3 \cdot Lx_3 + HP_4 \cdot Lx_4 + HP_5 \cdot Lx_5 + HP_6 \cdot Lx_6 + HP_7 \cdot Lx_7}{HP_1 + HP_2 + HP_3 + HP_4 + HP_5 + HP_6 + HP_7}$$

$$Lex = \frac{25 \cdot 1 + 6 \cdot 29 + 40 \cdot 9 + 30 \cdot 19 + 15 \cdot 37 + 75 \cdot 19 + 10 \cdot 29}{25 + 6 + 40 + 30 + 15 + 75 + 10} = 16{,}91 \text{ m}$$

$$Ley = \frac{HP_1 \cdot Ly_1 + HP_2 \cdot Ly_2 + HP_3 \cdot Ly_3 + HP_4 \cdot Ly_4 + HP_5 \cdot Ly_5 + HP_6 \cdot Ly_6 + HP_7 \cdot Ly_7}{HP_1 + HP_2 + HP_3 + HP_4 + HP_5 + HP_6 + HP_7}$$

$$Ley = \frac{25 \cdot 17 + 6 \cdot 17 + 40 \cdot 9 + 30 \cdot 9 + 15 \cdot 9 + 75 \cdot 1 + 10 \cdot 1}{25 + 6 + 40 + 30 + 15 + 75 + 10} = 6{,}85 \text{ m}$$

Por consiguiente, el (CCM) se ubicará a una distancia de X = 16,91 m. e Y = 6,85 m del origen, según se muestra en la Figura N° 54.

CAPITULO VIII

EL PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El objeto de elaborar un proyecto, y en especial de una instalación eléctrica es, una vez logrado el mismo, obtener la aprobación de los organismos oficiales competentes para otorgar la permisología y poder ejecutar la obra correspondiente.

El siguiente paso es, en base a los cómputos de la obra eléctrica obtenidos del proyecto respectivo, lograr uno o varios presupuestos de diferentes constructores, a fin de tomar una decisión desde el punto de vista económico y técnico que convenga a los intereses del propietario, para luego asignar la construcción de la misma. El proyecto de la obra eléctrica adquiere importancia como se ve, desde que es elaborado, siguiendo con la permisología, contratación de la obra y su ejecución. Es precisamente en esta última etapa, que el proyecto adquiere su mayor importancia, pues el diseño bien logrado de una instalación eléctrica y suficientemente especificada en planos, así como en la memoria descriptiva, cómputos métricos, etc., permitirá en el momento de la construcción, ejecutar la obra sin tropiezos evitando improvisaciones o modificaciones, que a esa altura, suelen resultar más costosas que si se hubiesen previsto a nivel de anteproyecto. Además, una obra eléctrica sin modificaciones se podrá realizar en el tiempo previsto sin dilaciones.

8.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA ELÉCTRICA

Una de las partes más importantes de un proyecto de canalizaciones eléctricas es la obtención de la carga de diseño. Ello implica realizar un estudio de la misma, para así lograr determinar las necesidades eléctricas para el diseño de tablero general y la acometida de electricidad, si se trata de una vivienda. Si el diseño es para un edificio residencial la obtención de la carga total servirá de base para la elaboración del proyecto del tablero general, cuadro de medidores, subestaciones de transformación, acometida de alta y baja tensión, conforme al sistema de alimentación escogido. Deberá tomarse en cuenta al obtener la carga total, que la magnitud de la misma cumpla a cabalidad con las necesidades de servicios eléctricos. No deberá quedar por debajo, ni excesivamente abultada, lo cual resultaría un costo mayor de la inversión a realizar.

Para un estudio de cargas habrá que definir previamente si ésta es de tipo residencial, comercial, industrial, educacional, etc. EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL define claramente, según el tipo de carga, los criterios que deberán asumirse para una adecuada estimación de la misma; conforme a esto, se indican a continuación los términos a utilizar en un estudio de cargas.

8.1.1. Carga Conectada

Se entenderá como la sumatoria de la potencia en vatios de todos los equipos eléctricos (datos de placa) que se conectan a la red de la vivienda en cuestión. También se podrá expresar en KW o KVA según el enfoque del estudio.

8.1.2. Demanda

Es la carga en KVA o KW que se utiliza durante cierto tiempo. Se acostumbra a representar la demanda diaria en gráficos, tal como se muestra en la Figura N° 55, donde se pueden apreciar en el período T igual a 24 horas el ciclo de carga. Se puede observar el valor de la demanda máxima (Dmáx), la mínima (Dmín), y la demanda promedio (Dprom).

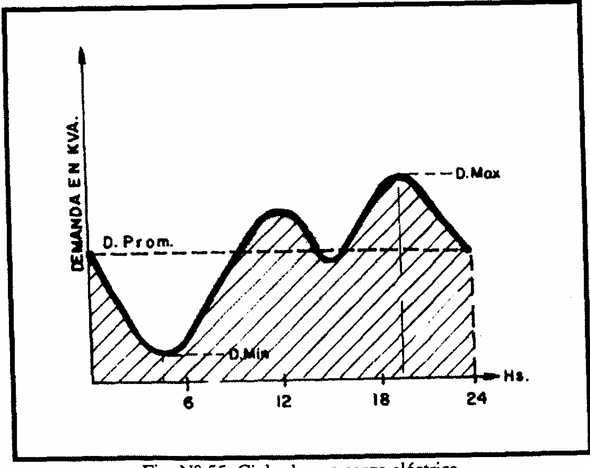


Fig. N° 55. Ciclo de una carga eléctrica.

8.1.3. Densidad de Carga

Es la relación entre la carga conectada (en W, KW ó KVA) y la unidad de dimensión.

Así para la densidad lineal de carga se tendrá:

$$DL = \frac{\text{Potencia}}{\text{Unidad de Longitud}} = \frac{W}{m} \text{ o bien } \frac{KW}{m}, \frac{MW}{Km} \text{ etc.,}$$

Esta expresión es frecuentemente utilizada en la planificación de sistemas de distribución y estudios especiales.

La densidad de carga por unidad se expresa:

$$DL = \frac{\text{Potencia}}{\text{Unidad de Longitud}} = \frac{W}{m^2} \text{ o bien } \left(\frac{KW}{m^2}\right), \left(\frac{KVA}{m^2}\right), \left(\frac{KW}{Ha}\right), \left(\frac{MW}{Km^2}\right)$$

La densidad de carga definida se emplea en estudios de carga en proyectos residenciales, comerciales o industriales expresándose en,

$$DL = \frac{\text{Potencia}}{\text{Unidad de Longitud}} = \frac{W}{m^2} \text{ o bien } \left(\frac{KW}{m^2}\right), \left(\frac{KVA}{m^2}\right), \left(\frac{KW}{Ha}\right), \left(\frac{MW}{Km^2}\right)$$

las restantes se emplean en estudio de redes de distribución.

8.1.4. Demanda Máxima

Como su nombre lo indica es la que ocurrió en un cierto tiempo "t" considerando. Se puede observar su representación en la Figura N° 55.

8.1.5. Factor de Utilización

Es la relación existente entre la demanda máxima de un equipo eléctrico y la potencia nominal del mismo.

$$Fu = \frac{D_{\text{máx del equipo}}}{\text{Potencia Nominal del Equipo}} \times 100$$

8.1.6. Factor de Carga

Es una relación para los tipos de cargas no uniformes, como sucede en la mayoría de los casos en la práctica, durante cierto tiempo. Siempre será menor que la unidad ($FC \leq 1$).

$$FC = \frac{\text{Valor promedio anual de la carga}}{\text{Máximo valor anual de la carga}} \times 100$$

8.1.7. Factor de demanda

Es la relación entre la demanda máxima y la carga conectada. Por lo general es menor que la Unidad (FD <_ 1).

$$FD = \frac{D_{máx}}{\text{Carga Conectada}} \times 100$$

Como ejemplo se cita el caso de una carga conectada de una residencia de 19,50 KVA y la demanda máxima de 7,5 KVA, de aquí se tiene

$$FD = \frac{7{,}50}{19{,}50} \times 100 = 38{,}5\%$$

8.1.8. Factor de Diversidad

Es la relación entre la sumatoria de las demandas máximas individuales y la demanda máxima combinada del sistema. Se define así como D_{m1}, D_{m2}, ... , D_{mn}, las demandas individuales que eventualmente pudieran ser viviendas residenciales.

$$FDiv = \frac{D_{m1} + D_{m2} + ... + D_{mn}}{D_{\text{máx del sistema}}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_{mi}}{D_{\text{máx del sistema}}}$$

El factor de diversidad siempre será mayor que la unidad por las características de las D_{mi}, ($FDiv \geq 1$).

8.1.9. Factor de Simultaneidad

Es la relación inversa del factor de diversidad.

$$FSim = \frac{1}{FDiv}$$

La aplicación práctica del factor de simultaneidad se ilustra con un ejemplo a continuación. Si se tiene F_{DIV} = 2,60, para un edificio residencial de 48 apartamentos, la demanda máxima individual de cada apartamento es de 3.75 KVA, por consiguiente la demanda de diseño (Dmd) para determinar la capacidad de transformación será la siguiente:

$$Dmd = \frac{3{,}75 \times 48}{2{,}60} = 69{,}23 \ \text{KVA}$$

Se escogerá el tamaño normalizado de 75 KVA para el transformador .

8.2 CRITERIOS DE DISEÑO PARA CÁLCULOS DE CIRCUITOS RAMALES Y ALIMENTADORES.

Como base fundamental para la elaboración de un proyecto de canalizaciones se tomará como fuente de información de uso obligatorio lo establecido en el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL. Particularmente con el fin de obtener la carga de diseño para circuitos ramales y alimentadores, la información base se encuentra en el CEN, sección 220, de la cual se detallan a continuación los puntos de interés.

En la Tabla 220-2b (Apéndice A6 Tabla N° 27) se indica la carga de alumbrado general de acuerdo al tipo de local. Allí la información viene expresada en densidad de carga en W/m^2 para locales bien definidos. El área efectiva a computar en la unidad de vivienda, comprende la encerrada por la cara exterior de las paredes perimetrales, exceptuando las encerradas por techos volados o aleros abiertos como porches y garajes.

En la Tabla 220-11 (Apéndice A6 Tabla N° 29) están los factores de demanda para alimentadores de cargas de alumbrado. Es necesario destacar la importancia de hacer distinción entre los tipos de locales tales como: viviendas, hospitales, hoteles, etc. Como ejemplo se plantea el caso de un edificio residencial, con una carga de alumbrado de 145000W. El procedimiento para obtener la demanda de diseño por concepto de alumbrado es el siguiente:

Los primeros 3.000W al 100%	3.000W
De 3.000 a 120.000 al 35%	117.000 x 0,35W
De 120.000 en adelante al 25%	25.000 x 0,25W
Demanda de diseño por iluminación	50.200W

En la Tabla 220-13 se encuentran los Factores de demanda para cargas de tomacorrientes en unidades no residenciales (aplicable a comercios, hoteles, etc.).

La Tabla 220-18 (Apéndice A6 Tabla N° 30) presenta: Factores de Demanda para secadoras eléctricas de ropa tipo doméstico. La demanda máxima para 35 unidades a 5000 W por secadora, se obtiene considerando de la Tabla el FD = 27.5% así resultará:

$$D_{máx} = 35 \times 5000 \times 0{,}275 = 48.125\ W$$

En la Tabla 220-19 (Apéndice A6 Tabla N° 28) están indicadas las Demandas Máximas y factores de demanda para cocinas. Para aquellos casos que no están contemplados en la tabla, se recomienda leer con detenimiento las notas al final de la misma.

La Tabla 220-20 presenta Factores de demanda para cocinas en locales diferentes a viviendas. Tiene especial aplicación en áreas comerciales, hoteles, etc.

En la Tabla 220-30 están los factores de demanda para unidades de vivienda. Este es un método opcional.

En la Tabla 220-31 está el procedimiento de Cálculo por cargas adicionales en viviendas existentes. De especial interés es este caso, cuando se presenta la necesidad de remodelar unas instalaciones eléctricas existentes, debido a la ampliación de la carga, por motivo de colocación adicional de equipos de aire acondicionado o de calefacción. En caso de instalar ambas, se considerará la más desfavorable para los efectos de diseño.

En la sección 220-32 se delinea el procedimiento a seguir a fin de realizar un cálculo opcional para viviendas multifamiliares. En la misma sección está la Tabla 220-32 con factores de demanda para más de 3 unidades de vivienda multifamiliar.

En las Tablas 220-34, 220-40 y 220-41 se presentan otros factores de demanda requeridos para diseños en escuelas y granjas.

En la sección 225 se halla información necesaria relacionada con circuitos ramales y alimentadores exteriores. En ella se presenta una guía para lograr información exclusiva de estos tipos de circuitos especiales, derivándose a otras secciones del CEN para lograr el cometido.

8.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS

El proyecto de instalaciones eléctricas, presentará un nivel de complejidad en la medida que lo sea la parte arquitectónica por un lado, el tipo de actividad a realizar, o el fin para el que será construida la obra y finalmente el valor de la inversión. Desde el punto de vista que nos ocupa se entenderá la complejidad no en función de la estructura civil, sino en la medida que lo sea el tipo de ambientes, usos, aplicaciones diversas y especializadas. A continuación se presenta un listado donde se enumeran los proyectos eléctricos según el grado de complejidad que suelen presentar:

Viviendas Unifamiliares (de tipo rural, interés social, clase media y alta).

Viviendas Multifamiliares (de tipo de interés social, clase media y media alta).

Edificios de Oficinas (tipo económico o de lujo).

Edificios Comerciales (tipo económico, de lujo, grandes tiendas por departamento, centro comerciales).

Edificios Educacionales.

Edificios para hoteles (2, 3, 4 ó 5 estrellas).

Edificios para Sanidad (medicaturas, centros de salud, ambulatorios, hospitales).

Edificios Industriales (pequeña, mediana y pesada).

Como se puede apreciar en cada uno de ellos, hay diferentes categorías que nos dan la idea del grado de dificultad en la elaboración de los proyectos. En cuanto a la calidad, todo proyecto de distribución de energía eléctrica deberá conforme a su complejidad e importancia, cumplir con ciertos requisitos de acabado y operatividad, que se indican seguidamente:

SEGURIDAD: Se refiere este término a que la instalación eléctrica a construir, debe ofrecer seguridad para la vida de las personas que operarán o disfrutarán de la misma. Así mismo, la condición de seguridad deberá involucrarse al inmueble o propiedad de la que se sirve.

CONFIABILIDAD: El concepto de continuidad y confiabilidad de servicio reviste cierta importancia y adquiere gran valor en la medida en que crece la complejidad en la clasificación de la obra adquiriendo el máximo en el caso de hospitales e industrias.

FLEXIBILIDAD: Esta propiedad se refiere a la posibilidad de que exista en toda obra eléctrica una ampliación futura por el aumento de la demanda, o por ampliaciones o expansiones de la edificación. Poca importancia tendrá a nivel residencial, pero si reviste gran interés para edificios comerciales, industriales o de sanidad.

FACILIDAD DE OPERACIÓN: Como las palabras indican el fácil manejo del sistema reviste importancia a nivel residencial y más en viviendas multifamiliares donde equipos especiales serán operados por personal generalmente poco capacitado.

MANTENIMIENTO: No deberá olvidarse que una vez construida una obra eléctrica, tendrá que realizarse un mantenimiento que se complica en la obra eléctrica, tendrá que realizarse un mantenimiento que se complica en la medida en que también crece el sistema en complejidad. En una vivienda unifamiliar poco o nada serán los trabajos de mantenimiento. En edificios residenciales será poco frecuente, al igual que en inmuebles de oficina y educacionales; ya en comerciales reviste cierta importancia pues requerirá personal

para ejecutarlo. En caso de edificios para sanidad o industrias, será obligatorio debiéndose ejecutar en base a programas periódicos de mantenimiento eléctrico. Un sistema bien diseñado, requiere una distribución selectiva de los circuitos, en las diversas áreas; así también de un reparto equilibrado de los mismos entre las fases. Esto permitirá que a la hora de una falla, se pueda aislar el sector y no perturbar el resto del sistema.

COSTO INICIAL: Por lo general es frecuente que el propietario y algunos proyectistas consideren de gran importancia este concepto, sobre todo para los inversionistas. Pero se debe tener cuidado de economías mal entendidas, no siempre lo más barato es lo que conviene, pues la poca durabilidad de equipos de baja calidad, o el ahorro efectuado inicialmente por omisión de partes operativas o de seguridad, podrían ocasionar grandes costos a nivel de mantenimiento, posteriormente. No deberá olvidarse nunca la seguridad, y si se desea que el costo inicial sea bajo, se podría tratar de reducir el criterio de reserva futura, según sea el caso y la importancia del servicio que se presta.

REGULACIÓN DE TENSIÓN: Esta cualidad de un sistema eléctrico, deberá ser de estricto cumplimiento a nivel de proyecto, pues precisamente en esta etapa es cuando se podrían tomar previsiones para que no sucedan caídas de tensión excesivas, más allá de lo permitido por el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL; pues con el tiempo se producirá el deterioro prematuro de los equipos electrodomésticos instalados.

8.4. REQUERIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El primer paso que hay que dar para la elaboración de un proyecto de canalizaciones eléctricas residenciales, una vez que el cliente autoriza o contrata los servicios de Ingeniería Eléctrica, es tener una reunión con el propietario del inmueble, o bien con el equipo técnico que lo representa, tales como, Arquitecto e Ingenieros que intervienen en el proyecto. De ellos se obtendrá información relativa a los hábitos y al nivel de vida de los ocupantes del inmueble, sus requerimientos, usos, etc. Con ellos se procederá a realizar un rápido inventario de los posibles equipos electrodomésticos o de fuerza que se vayan a instalar en la obra. Posteriormente se comprobará la disponibilidad de servicio eléctrico en la zona donde esté ubicado el terreno en que se construirá la obra. En caso de edificios para cualquier uso, es obligatorio concertar una entrevista con el Departamento Técnico de la Compañía de Servicio Eléctrico, a fin de participar la construcción de la obra en cuestión. Se deberá también consultar sobre la posible ubicación e instalación de casetas de transformación, cuadro de medidores, tableros, planta de emergencia, etc.; a fin de que a nivel de proyecto se cumpla con las normas y exigencias de la empresa de servicio eléctrico. Es conveniente para dejar evidencias de la visita y de los criterios establecidos, elaborar en cada entrevista o reunión, una minuta que será firmada por los participantes de la misma, anotando lugar y fecha.

Como se ha indicado con anterioridad, es conveniente desde el primer momento a nivel de proyecto (posteriormente a nivel de construcción será necesario) mantener una relación con el arquitecto de la obra e ingenieros civiles, mecánicos, etc., que intervienen en el proyecto de la edificación a fin de lograr ubicar en el mismo todas las necesidades de servicio eléctrico, tales como: equipos de iluminación, tomas generales o especiales, equipos de aire acondicionado, ascensores, escaleras mecánicas, montacargas, bombas para diferentes usos, puertas eléctricas, ventilación forzada, cargas de refrigeración, calentadores de agua, etc.

El paso siguiente será la localización en planos de cargas de iluminación y tomacorrientes. Previamente a la disposición de puntos de iluminación, se realizarán los cálculos luminotécnicos o estimaciones necesarias para lograr en cada ambiente, un nivel de iluminación adecuado a las exigencias del local. Se ubicarán las cargas especiales y a continuación el diseño de circuitos, ramales y tableros. Luego del estudio de cargas vendrá el diseño de sub-alimentadores, alimentadores, subestación, acometidas en baja y alta tensión, localización en planos de sistemas de señales y comunicaciones. Finalmente vendrán las especificaciones del proyecto en diferentes formas y cómputos métricos.

En resumen, las partes componentes de un proyecto de canalizaciones eléctricas, que serán presentadas al coordinador del proyecto general de la obra a realizar, serán las siguientes:

Memoria Descriptiva
Cálculos de Iluminación
Cálculos Eléctricos
Estudio de Cargas
Diseño de Sistema de Comunicaciones y Señalización
Especificaciones Generales
Cronograma de ejecución de obras. Cómputos Métricos
Planos

En el Capítulo IX y X se comentará sobre el contenido y alcance de las partes componentes de un proyecto eléctrico señaladas anteriormente. Seguidamente se hará referencia a la elaboración de planos, copias de los mismos y su presentación.

Para el inicio de un proyecto de canalizaciones eléctricas lo primero que se presenta al proyectista es el plano de arquitectura de las obras civiles. Por lo general se dispondrá de planos de plantas, cortes y fachadas. Para esto es de importancia primordial aprender a realizar la lectura e interpretación de planos. Los detalles de trazados y símbolos utilizados en planos de obras civiles, deberán ser consultados con el arquitecto a fin de lograr la destreza o familiaridad con el proyecto arquitectónico. Estos planos de arquitectura deberán ser suministrados en copias sepia del original o en su defecto un disquete donde contenga por el sistema AUTOCAD la información para reproducir copias u originales de la misma arquitectura. En ese esqueleto de la obra sólo aparecerán las líneas que indican paredes, ventanas, puertas, aceras, techos, baños, cocina u otros detalles de interés. Se omitirán los carteles, acotamientos, leye¯das--o-notas de interés para otros servicios. Esto con el objeto de facilitar el trazado de símbolos eléctricos en el plano. Los planos de fachadas y cortes arquitectónicos son necesarios para el proyectista eléctrico, a fin de lograr de ellos detalles del edificio, elevación, distancias horizontales necesarias para determinar la longitud de los subalimentadores y circuitos ramales.

La presentación de planos se hace de la forma siguiente:

En original dibujados en papel Mylar (Plástico) o papel de fibra (tipo Canson o similares).
Copias sepias originales, laqueadas (tipo 4000) o normales.
Copias heliográficas (línea azul o negra).
Copias XEROX o similares.
En disquetes programada en AUTOCAD o un programa similar

Por lo general la metodología del trabajo de proyecto se realiza, comenzando por el arquitecto, quien elabora los originales de arquitectura. A estos originales de planos de planta se le sacará el número de copias sepia necesarios para el dibujo, en cada uno de ellos, de los diferentes servicios eléctricos. Al recibir la sepia de manos del arquitecto se le sacará un juego de copias heliográficas, requeridas para el trabajo de proyecto en borradores. Las copias sepia, con los servicios eléctricos dibujados, serán los originales que se presentarán al coordinador de la obra, conjuntamente con un número determinado de copias heliográficas del mismo.

Los planos originales por lo general se dibujan en escalas: 1:50 ó 1:100 para lo cual habrá de familiarizarse con las mediciones, las que se harán con el uso del escalímetro.

En todo proyecto de canalizaciones eléctricas, según su complejidad, se presentarán diagramas unifilares eléctricos en forma de esquema, y diagramas verticales de estos servicios. También para los servicios: telefónicos, sonido, intercomunicadores, portero eléctrico, antena de televisión colectiva y otros servicios tales como relojes, señalización y alarma, deberán presentarse planos de distribución en planta y diagramas unifilares y verticales, de cada uno de los mismos por separado.

Todo proyecto de instalaciones eléctricas deberá llevar una leyenda donde indique la Simbología utilizada en el proyecto.¯ La leyenda es un listado dibujado donde aparece, la simbología y a su derecha la explicación de la representación de cada uno. Respecto a la simbologia es un grupo de símbolos gráficos que

se emplean en planos de electricidad para representar puntos de diferentes servicios, tableros, equipos, canalizaciones, etc. También se emplean símbolos representativos de servicios de comunicaciones, señalización y alarma. Esta leyenda se dibujará en plano exclusivo o compartido. COVENIN ha aprobado recientemente la NORMA COVENIN 398-84 donde se reglamenta el uso de símbolos a utilizar en planos de instalaciones eléctricas para cualquier tipo de proyectos de canalizaciones eléctricas y de comunicaciones. En el Apéndice B, de este libro se encuentra una tabla de "Símbolos Gráficos para Instalaciones Eléctricas" la cual es un modelo explicativo de los símbolos más comúnmente usados en planos de electricidad, correspondiente a la NORMA COVENIN antes señalada. ([*])

También suele presentarse en planos notas explicativas donde se expresa o aclara el uso de ciertos equipos, calibres u otra información de interés que resulta engorroso representar, o bien con el fin de facilitar el dibujo y la interpretación del plano.

Actualmente con los avances logrados en el campo de la informática, se dispone de una herramienta de dibujo basado en un sistema computarizado elaborado por la casa AUTODESK denominado AUTOCAD (Diseño asistido por computadora). Con él se pueden obtener planos originales de arquitectura, electricidad y otros servicios requeridos en construcciones civiles.

[*] El Ministerio de Obras Publicas (MOP) que luego se llamó Ministerio de Desarrollo urbano (MINDUR) hoy Ministerio de Infraestructura (MINFRA) y otras dependencias oficiales en Venezuela, actualmente utilizan la simbología que aparece en el MANUAL DEL MOP, Tomo I, pág. 45.

CAPITULO IX

DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES

El diseño de las instalaciones eléctricas residenciales se comienza promoviendo la entrevista con el propietario o el Arquitecto, el cual suministrará los planos de arquitectura. También informará sobre los servicios eléctricos que se desean instalar, tanto en el presente como en el futuro. Esto resulta importante pues al realizar el estudio de cargas se estimará la carga de reserva, la cual contemplará el uso de diversos equipos electrodomésticos. Conforme a la inversión a realizar una vivienda se considera en las categorías siguientes:

1a. categoría, **viviendas residenciales de lujo**
2da. categoría, **viviendas de clase media**
3ra. categoría, **viviendas de interés social**

En la primera el área de construcción por lo general excederá los 250 m^2 de construcción, poseen piscinas, grandes áreas verdes, áreas libres techadas para usos diversos y todos los servicios estimables.

En la segunda, el área de construcción puede variar entre 120 y 250 m^2. La vivienda poseerá todos los servicios para equipos electrodomésticos, incluyendo algunos equipos de aire acondicionado.

En la tercera clasificación el área oscila entre 60 y 120 m^2 de construcción, tanto los puntos de iluminación como los interruptores y tomacorrientes serán los mínimos indispensables para bajar los costos de instalación. Los servicios para equipos electrodomésticos, incluirán, nevera, lavadora, calentador de agua (en ciertos casos) y algunos electrodomésticos menores de uso generalizado. Estas consideraciones anteriores, deberá tomarla muy en cuenta el proyectista, al comenzar el diseño a nivel de anteproyecto.

Por lo general los planos de vivienda unifamiliares son dibujados en escala 1:50 y para multifamiliares grandes, en algunos casos, en escala 1:100. En los mismos vendrán indicados la ubicación de los equipos en cocina, lavadero, mobiliario, closet, parque o áreas verdes (si existen); caney, parrillero, piscina u otro tipo de construcción exterior. Puede haber bombas de agua, aires acondicionados de ventana o central, etc.

Seguidamente en copias heliográficas o fotocopias del plano de planta (o de los que haya, si son varios) se procederá a colocar en un sitio definitivo, los puntos o salidas de los servicios que se indican a continuación.

9.1. CIRCUITOS PARA ILUMINACIÓN

En principio se colocará un punto por ambiente en el centro del cielorraso. Para ambientes de más de 3.5 x 3.5 m o bien 12 m^2, habrá que hacer cálculos de iluminación, aplicando el Método de la cavidad zonal para determinar el número de luminarias necesarias y sus características a fin de lograr un nivel de iluminación adecuado. En pasillos, cocina y baño, habrá de acuerdo al tamaño, un punto en techo y en este último otro en pared para iluminar el espejo ubicado sobre el lavamanos.

En la sala de estar, conforme a las medidas, se proveerán 2 puntos ubicados en forma centrada y simétrica respecto a las paredes. En paredes exteriores se podrá ubicar un punto de iluminación de pared cada 4 ó 5 metros, donde se instalarán posteriormente faroles o reflectores tipo Par 38 incandescentes de GE o similar para intemperie. En jardines se colocarán hongos con puntos de iluminación, postes bajos de un metro de altura o de 2.5 a 3 metros, según el área a iluminar y el diseño deseado. La iluminación en una vivienda por lo general es del tipo luz incandescente, salvo a exigencias del propietario, se instalaría luz fluorescente en biblioteca o cocina. En esta última la luminaria deberá ser cerrada a fin de que el humo, vapores y grasa del ambiente no deteriore los componentes de la misma. Actualmente se está comenzando a usar bombillos fluorescentes de 3,5,7,9,11,13,15,o 20W con roscas de casquillo E14 o bien la normal E40.

Con una baja potencia se obtiene el flujo luminoso de un bombillo incandescente normal, de potencia 4 veces mayor.

Según la exigencia del cliente se instalarán puntos de iluminación en clóset o vestidores en áreas de cuadros o esculturas para realce y apreciación de los mismos. Se podrá lograr con la instalación de rieles en puntos de techo o pared, el montaje de varios reflectores con adecuada orientación. La potencia en vatios de cada punto la dará el tipo de luminaria de cada salida por el cálculo luminotécnico. En caso de estimar la salida por punto se asumirá 100 vatios por cada uno, salvo en recibos, áreas grandes o exteriores que se considerará 150W o más según el caso.

La ubicación de interruptores dependerá de la posición de las puertas a fin de que al entrar o salir se encienda o apague la luminaria con comodidad tal como lo ilustra la Figura N° 56. Nunca se colocarán detrás de las puertas. La altura de montaje es a 1.25 m del piso. En casos especiales si así lo solicita el propietario se instalarán a 0.90 m. Se colocarán las llaves o palancas siempre en posición vertical. Las salidas para puntos de iluminación en pared se instalarán a 1.80 m o 2.00 m como máximo.

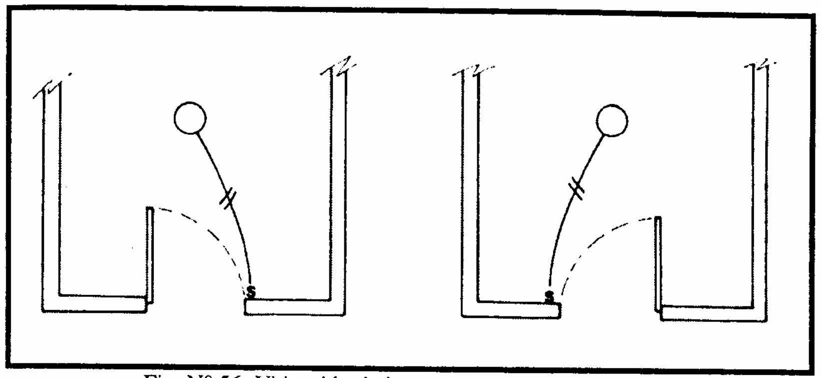


Fig. N° 56. Ubicación de interruptores para iluminación.

El siguiente paso es unir con líneas los puntos de iluminación formando los circuitos que irán al tablero. Previamente deberá tomarse en cuenta que el conductor mínimo recomendado para utilizar en una vivienda residencial será el N° 12 TW de cobre y los circuitos serán para 20 Amperios. Excepcionalmente en viviendas de - interés social se instalarán circuitos de 15 Amperios con 2 N° 14 TW de cobre. Recomendándose 12 puntos por circuito para el N° 12 TW y 9 puntos para el N° 14 TW, como máximo.

Estos circuitos se podrán determinar de la forma siguiente:

Para un área de construcción de 140 m^2 resultará la carga de iluminación de:

$$P = 140\,m^2 \times 30\,{}^{W}\!/_{m^2} = 4200\,W$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{4200}{120} = 35\ \text{Amp}$$

Esto indica que saldrán 2 circuitos de 20 Amp, con 2 N° 12 Cu-TW o bien 3 circuitos de 15 Amp, con 2 N° 14 Cu-TW. Por lo general los circuitos interiores de una residencia se determinan por capacidad de corriente, pues el recorrido del circuito es corto, en caso contrario, habría que hacer verificaciones por caída de tensión.

Se tomará como norma de diseño que los circuitos de iluminación serán utilizados exclusivamente para alimentar puntos de luz. Así mismo, se proyectarán circuitos exclusivos para tomacorrientes.

El trazado de los conductores indicados en planos para circuitos de iluminación, señala la conexión eléctrica entre los puntos y no la posición física que ocupará en paredes, techo o piso.

9.2 CIRCUITOS PARA TOMACORRIENTES DE USO GENERAL

En toda vivienda deberá preverse circuitos para tomas de uso general, en el caso de vivienda de interés social, será uno, en los de clase media, mínimo dos y en las de lujo 3 ó más conforme a las necesidades. Cada toma de uso general estará diseñada para soportar 120V - 15 Amp. En cada habitación se instalará uno o dos para conectar lámparas de mesa, radio-reloj, televisor, etc. Podrán ser dobles, para más facilidad de conexión de varios equipos a la vez, si es necesario, las tomas se colocarán en pasillos, recibo, comedor, garaje, a una altura de 0,40m del piso.

En el área de mesa de trabajo de cocina, se colocarán 2 ó 3 según el largo de la misma del tipo doble a una altura de 1.10m del piso, en el resto del área se colocarán a 0.40mts. del piso. Por lo general la canalización de tomacorrientes va por el piso o paredes y las de iluminación por el techo o paredes, por ello se presentan por trazos distintos. El CEN recomienda que a cada salida de tomacorriente, para los efectos de diseño se le asigne una carga conectada de 180W o sea 120V - 1.5 Amp., en c/u. Cada circuito de tomacorrientes de uso general poseerá como máximo 10 salidas, bien sean sencillas o dobles para 2 N° 12 Cu-TW. También recomienda el CEN que se instale un tomacorriente junto al lavamanos. En áreas exteriores se colocarán en sitios de interés por lo menos dos, debiendo tener en cuenta que sean del tipo intemperie, según donde este ubicados.

9.3 CIRCUITOS PARA TOMACORRIENTES ESPECIALES

Se proyectarán circuitos especiales exclusivos para equipos electrodomésticos que así lo requieran y en especial que estén fijos en el mismo sitio; tales como: refrigeradoras, lavadoras, calentadores de agua, etc. La refrigeradora requerirá por el tipo de carga intermitente, un circuito exclusivo al igual que el congelador. Se alimentará con 3 N° 12 Cu-TW (fase, neutro y tierra) en 120 V - 15 Amp.

Las cocinas alimentarán por circuitos ramales exclusivos en 220 V y de diferentes potencias, en residencias para 2 personas, 2 discos u hornillas, de 3 discos para 4 personas y de 4 discos para 5 o más personas por unidad de vivienda. La cocina puede disponer de horno incorporado, o bien por separado empotrado en pared o nicho. En ambos casos la alimentación desde el tablero podrá ser única con 4 cables, 2 fases neutro y tierra. Es conveniente que haya un interruptor de desconexión junto a la cocina-horno para fines de protección y maniobra. Cuando los equipos estén separados, cada unidad tendrá su dispositivo de desconexión (interruptor termomagnético) en forma individual, tal como se muestra en la Figura N° 57.

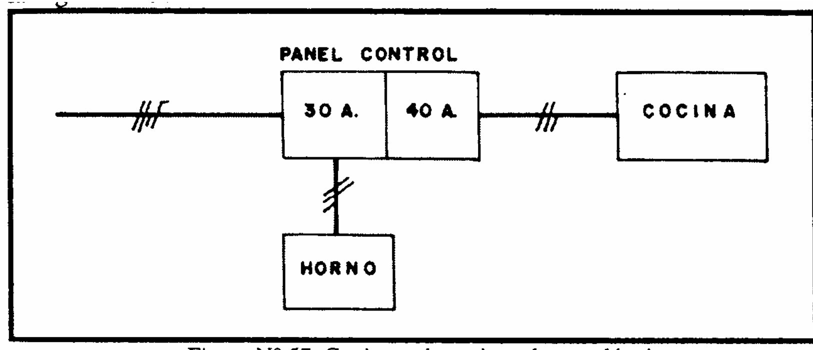


Figura N° 57. Conjunto de cocina y horno eléctrico.

El Horno de Microondas es un electrodoméstico resultado de la tecnología electrónica. Posee diversos controles incorporados al equipo ubicados en su panel frontal. Puede controlar la temperatura y el tiempo, realizando operaciones programadas. Para su alimentación se dispondrá de un circuito exclusivo en 120V - 20 Amp.

El Triturador de desperdicios se coloca también en la cocina con circuito independiente, posee un pequeño motor de 1/3 HP en 120 V - 20 Amp. Se instalará junto al mismo un interruptor de desconexión, pudiendo ser del tipo termomagnético de un polo. En la misma área se instala **El Lavaplatos**

también con un motor disponible de 1/3 HP, en 120V - 20 Amp., con un circuito exclusivo aparte de la unidad calentador de agua con termostato para 1000W. En total la unidad consume una corriente de:

I = 7,2 Amp (motor) + 8,3 Amp (Calentador) = 15,5 Amp

Se alimentará con 3 N° 12 Cu-TW (fase neutro y tierra).

El calentador de agua no se acostumbra instalarlo en un sitio fijo, pero en el caso de que se instale en la vivienda un equipo eléctrico para calentar el agua, la demanda dependerá del tipo y número de personas que habitan la vivienda o bien el número de baños disponibles en la casa. Por lo general se instalará un calentador de tamaño mediano, cada dos baños. Existen en el mercado calentadores de diferente capacidad a saber: 30, 50, 80, 100, 150, 200 y 250 litros, con potencia de 800W, 1100W, 1500W, 1800W, etc., pudiendo variar la misma según el fabricante y la tecnología aplicada si es americana o europea. La atención a emplear será de 120V con tolerancia de más o menos 10%. En residencias se usan los tres primeros tamaños. Los tamaños mayores también se fabrican en 240V y son utilizados en hoteles o similares. Actualmente se fabrican en este nivel de tensión, calentadores de agua electrónicos que calientan el agua instantáneamente y no poseen tanque.

El calentador que está compuesto de un tanque de acero galvanizado, en su interior se encuentra una resistencia que calienta el agua. Posee un límite de temperatura que le permitirá subir hasta 90°C como máximo. Este termostato desconecta el circuito del alimentador al alcanzar el agua la temperatura mencionada. La resistencia es un elemento formado por un alambre de aleación, cromo-níquel y su longitud y área de la sección dependerá de la potencia y voltaje nominal. Este alambre esta sumergido en una sustancia de óxido de magnesio, todo dentro de un tubo de cobre de aproximadamente 5 mm. de diámetro en forma de U. Esta conectado mecánicamente a un elemento roscado, que se coloca en la base del calentador, cerrando y sellando la abertura especialmente diseñada para tal fin. La resistencia queda siempre dentro del agua y el termostato encenderá cuando el tanque tenga la mitad o más de su contenido de agua, para evitar que se dañe en caso de ausencia de la misma. Algunos aparatos poseen dos resistencias y dos termostatos. La corriente de diseño del circuito ramal exclusivo en el ejemplo de una capacidad de 80 litros y 1500W en 120V, será:

$$I = \frac{1500}{120} = 12,5 \text{ Amp}$$

requerirán 3 N° 12 TW y fase, neutro y tierra en una tubería de ½” de diámetro. El circuito será para 20 Amp., y el interruptor de desconexión de un solo polo estará junto al equipo de igual capacidad, siendo también de igual capacidad la protección en el tablero. Es conveniente desconectar el calentador de agua entre las nueve o diez de la noche y las seis de la mañana a fin de ahorrar energía pudiendo instalarse un interruptor horario para que desconecte y conecte el alimentador a la hora deseada. En el caso de que haya dos calentadores o más en casa, deberá proveerse dos salidas o más del tablero, o bien un circuito único según las características del diseño de la casa de habitación.

La secadora de ropa es un equipo electrodoméstico que requerirá también un circuito exclusivo desde el tablero. Esta compuesta de una unidad de calor y un motor de 1/3 de HP aproximadamente, según el diseño y capacidad del equipo. Posee un termostato que regula la temperatura y unos circuitos de tiempo, controlan los diferentes ciclos de secado, de acuerdo al tipo de ropa, trabajando a un máximo de tiempo hasta 90 minutos. Ciertas unidades poseen ventilador y un bombillo germicida de ozono o similar, para esterilizar la ropa. Cuando concluye el ciclo de secado se apaga automáticamente la unidad interrumpiéndose la alimentación al equipo. Se fabrican en 120V (2 hilos) -ó 240V (3 hilos), siendo generalizado en el medio de 240V. Para una secadora tipo, la corriente para un sistema de alimentación en 120/208 será:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5000}{208} = 24,03 \text{ Amp}$$

que le corresponde 3 cables N° 10 Cu-TW en tubería Ø ¾" EMT. El circuito será de 30 Amp dos fases y neutro. El motor posee una protección térmica incorporada a la unidad, así que no habrá que prever nada al respecto. En el caso que se use 2 N° 10 + 1 N° 12 Cu-TW se tendrá que colocar un conductor adicional para el aterramiento del equipo completo, que se llevará al sistema de puesta a tierra.

En el área de lavadero se preverá un circuito de 1500W, 120V - 20A para tomacorrientes a utilizar en conexión de planchas y lavadora de ropa exclusivamente con 3 N° 12 Cu-TW en 1Ø ½" EMT, siendo la protección del circuito de 20 Amp, un polo.

Para aquellos casos que se requiera ventiladores fijos, extractores para ventilación forzada en baños sin ventanas, o en donde se requiera, se preverá un circuito de 120V-15 Amp, para alimentar unidades de ¼ o $^{1}/_{3}$ de HP, asumiendo una demanda máxima de 1000W. El circuito se alimentará con fase y neutro desde el tablero, más tierra, con 3 N° 12 Cu-TW en 1 Ø ½" EMT.

Si en la residencia se instalarán motores para bomba de agua o para abrir motores automáticamente a control remoto, deberá preverse circuitos en 120V o 240V según el tipo de motor con 2 hilos, o bien 3 hilos, respectivamente (2 fases y tierra). La protección, el calibre de los conductores y la tubería deberá seleccionarse de acuerdo a lo establecido en el CEN y en el Capítulo VII de este texto.

Es costumbre en Venezuela la instalación de equipos de aire acondicionado en viviendas de primera y segunda categoría, en casi todas las regiones del país, salvo en la de los Andes donde la temperatura es más benigna. En esta suelen conectarse calefactores o estufas para calentar los ambientes tales como dormitorios, sala de estar o comedor. En estos casos se instalarán circuitos exclusivos para tal fin en 120V - 2 hilos y tierra con capacidad de acuerdo a la potencia nominal del equipo, o bien en 240V.

Los equipos de aire acondicionado más utilizados son los de tipo ventana, vienen en 120V-1500W, tamaño usado en habitaciones o espacios hasta 12m2. En espacios mayores se usan preferentemente en 240V, 3 hilos (2 fases y tierra).

Las potencias típicas son de 3/4 HP, 1 HP, 1 t/z HP o más. La protección del equipo estará junto al mismo para conexión y desconexión, será del tipo "Ticino" o similar que esta compuesto por una llave palanca y fusibles con capacidad igual a la corriente nominal del conductor. El CEN establece que: la corriente del equipo será igual o menor al 80% de la corriente del cable de alimentación sino hay otras cargas en el circuito, en caso contrario debe ser igual o menor al 50% (CEN-210-22a).

Cuando en la residencia se proyecte instalar un equipo de aire acondicionado central, la instalación eléctrica difiere de la anterior, por los componentes del equipo como se puede apreciar en el esquema de la Figura N° 58.

La unidad de enfriamiento (1) puede estar fuera de la vivienda (para evitar el ruido, se coloca en el techo o jardines); la unidad Fancoil (2) se coloca, bien sea uno en cada ambiente o, sino, con una unidad se repartirá el aire fresco por medio de ductos aislados hasta llegar a salidas en los ambientes deseados. El termostato se alimenta en baja tensión en 24V, esta colocado en el ambiente deseado, el cual envía la señal que controla el funcionamiento del equipo. El calibre de los conductores y diámetros de las tuberías, dependerá de la potencia nominal de los equipos; tanto (1) como (2) tendrán alimentación independiente desde el tablero, bien sea en dos fases, neutro y tierra en 120/240V, o en tres fases, neutro y tierra en 208/120V, según el diseño del equipo si es monofásico o trifásico.

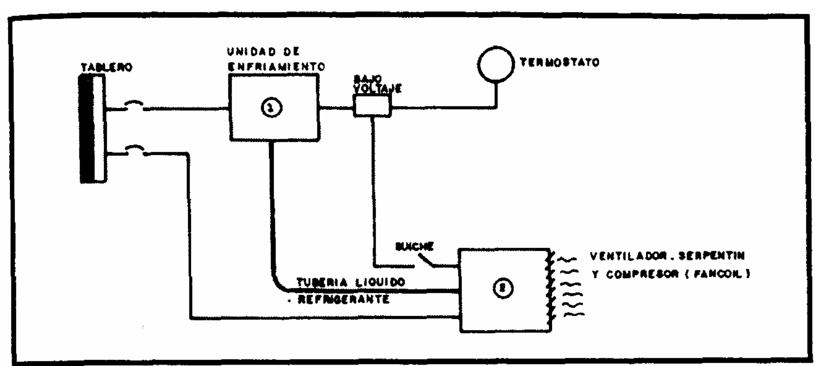


Figura N° 58. Equipo de Aire Acondicionado Central

9.4 CARGAS TÍPICAS DE EQUIPOS ELECTRODOMÉSTICOS

En la tabla N° VII, se presentan las cargas típicas en vatios de los equipos más comúnmente utilizados en una vivienda residencial.

TABLA N° VII
CARGAS TÍPICAS DE EQUIPOS EN UNA VIVIENDA

Descripción		Potencia en Vatios (W)
Asador o Parrilla		1.400
Aspiradora		400
Aire Acondicionado	9.000 BTU	1.200
Aire Acondicionado	10.000 BTU	1.600
Aire Acondicionado	12.000 BTU	1.900
Aire Acondicionado	15.000 BTU	2.400
Aire Acondicionado	18.000 BTU	2.900
Aire Acondicionado	24.000 BTU	3.600
Aire Acondicionado Central (en 208 V)	36.000 BTU	5.500
Aire Acondicionado Central	60.000 BTU	8.000
Aparatos masajes		250
Árbol de Navidad		500
Batidora		150
Bandeja para calentar comida		500
Cafetera		600
Calentador de agua 30 lts		800
Calentador de agua 50 lts		1.100
Calentador de agua 80 lts		1.500
Cocina (de unidades de calor de 450, 600, 650, 900, 1200 y 1500W) de cuatro unidades		6.000
Cocina de dos unidades		3.000
Congelador		350
Equipo de sonido completo		300
Esterilizador de teteros		550
Estufa-típico		1.200
Estufa, varía entre		500-2.000
Extractor de aire		50
Extractor de jugo		100
Grabador		100
Horno convencional (máximo)		4.500
Horno microondas		1.400
Lavaplatos		1.500
Lavadora de ropa		500
Licuadora		100

* Incluye condensador y evaporador con motores monofásicos o trifásicos

Descripción	Potencia en Vatios (W)
Luz de techo	100
Luz de pared	75
Luz exterior en poste	250
Luz PAR 38-reflector	150
Máquina de afeitar10	10
Máquina de coser	75
Motor bomba agua	1.600
Motor bomba piscina	1.850
Plancha normal	1.000
Plancha al vapor	1.500
Pulidora de pisos	250
Proyector cine o diapositivas	750
Radios	50
Refrigerador pequeño	300
Refrigerador grande	700
Reloj	5
Sartén eléctrico	1.300
Secador de pelo (máximo)	500
Secadora de ropa (240V)	5.000
Teléfono	0
Televisor	250
Timbre	50
Tocadiscos	75
Tostador de pan pequeño	550
Tostador de pan grande	1.100
Triturador de desperdicios	1.500
Ventilación forzada	500
Ventilador, varía entre	50-100

* Incluye condensador y evaporador con motores monofásicos o trifásicos

9.5 ESTUDIO DE CARGAS

Mediante el estudio de cargas, se obtendrá la Demanda de Diseño requerida para seleccionar las características del tablero, protección general y acometida eléctrica. En los apartes 9.1 al 9.4 se ha indicado como se determina el calibre de los conductores y protecciones de los circuitos ramales requeridos para los diferentes servicios. Para los fines de obtener la demanda de diseño y la carga total de iluminación, se hará el estudio por medio de los datos de puntos del plano o bien considerando el área total y la densidad de carga respectiva (la que sea más desfavorable). Posteriormente se considerará el factor de demanda correspondiente, afectando esto a las cargas de tomas de uso general. A esta demanda se le sumará la de los circuitos especiales, considerando los factores de demanda establecidos en el CEN y señalados en el Capítulo VIII de este texto. Se tendrán en cuentan que mucho de los equipos en los cuales no se indica el factor de demanda irán al 100%.

9.6 TABLERO GENERAL

Las características del tablero se determinan con el número de salidas de los circuitos ramales y protecciones secundarias obtenidas en el diseño previo. Con la demanda de diseño se obtendrán las demás características como protección general, tipo de barras de fases, etc. Tanto la forma como las especificaciones se elaborarán conforme a lo establecido en el Capítulo IV.

En cuanto a disposición del mismo, se harán en forma empotrada en pared. Se tendrá en cuenta la ubicación, tomando en consideración que es el centro de distribución de cargas de la vivienda y también en el de maniobras. Igualmente debe cuidarse tanto el aspecto estético como el de operatividad del mismo, por lo que el acceso debe ser fácil. Generalmente se ubica en áreas de servicio junto a la cocina o lavadero. Si se desea puede preverse un closet para su disposición. La puerta deberá abrirse con facilidad sin que obstaculice puertas, ventanas u otro mobiliario o equipo.

Para los efectos de la presentación ordenada de los cálculos eléctricos, se acostumbra a elaborar un listado en forma tabulada en donde se indica:

Número de salidas:	1, 2 , 3, 5/7, 6/8, 9, 10, etc.
Descripción:	Circuitos de iluminación, tomacorrientes refrigerador, secadora, etc.
Potencia:	En vatios cargados a la Fase A, Fase B o C (si la hay).
Corriente:	En amperios, de acuerdo a la demanda del circuito.
Tensión:	En voltios, conforme a las características de la carga.
Calibre del conductor:	Ejemplo 2 N° 10 + 1 N° 12 TW - Cu (Para un circuito)
Diámetro de Tubería:	Ejemplo 1 Ø ½" EMT
Protección del circuito:	Ejemplo 1 x 20 Amp Icc = 10 KA o bien, 3 x 50 Amp Icc = 14 KA, etc.

9.7 ACOMETIDA ELÉCTRICA

Con el dato de la demanda de diseño en amperios, se obtendrán las características de los conductores y tuberías que conformarán la acometida eléctrica, según sea indicado en el Capitulo VI. El CEN hace algunas sugerencias para viviendas tipo, como se ha indicado de clase media (2^8 categoría). La demanda tipo será de 100 Amp (alimentación de 2 fases, neutro y tierra con 2 N° 2 + 1 N° 4 Cu-TTU + 1 N° 8 Cu-TW (verde) en 1 0 1'h" PVC) o bien pudiera instalarse previendo espacio de reserva futura en la canalización 1 0 2" PVC.

Desde el punto de vista físico, deberá observarse lo siguiente: La acometida irá desde el tablero principal al medidor y, luego, hasta el punto de entrega de energía por parte de la compañía de electricidad. Todos los conductores serán del mismo calibre para las fases y el neutro de un número menor (siempre que la corriente sea menor de 200 Amp) a lo largo del recorrido antes señalado, sin cambiar la sección. Igual criterio se tendrá para el diámetro de la tubería. Se prefiere colocar tubería de plástico PVC, recubierta con concreto, por su bajo costo y el aislante del conductor de tipo TTU. En el caso acometida aérea, el aislante sería de neopreno resistente a la intemperie o bien TTU.

9.8 PUNTO DE MEDICIÓN

La forma de evaluar el costo del servicio de energía eléctrica durante un período de tiempo, es mediante la lectura de un equipo de medición. Así lo exigen las compañías de electricidad y ellas poseen sus normas para la instalación adecuada de los mismos. Para ello habrá que disponer de una caja, donde se alojen el medidor y la protección en compartimiento anexo, que podrá operar el suscriptor. La ubicación del medidor se hará fuera de la casa en sitio accesible, para que el lector pueda realizar su trabajo con facilidad. Se prefiere en pasillos, garajes frentes o laterales de las casas, bajo techo o empotrado en pared o closet.

En caso de que hayan más de 12 m, entre la protección principal y el tablero, se colocará en el mismo una protección principal de desconexión de igual característica que la principal. La caja del medidor se colocará a 1.50 m del piso como mínimo, tendrá su puerta con vidrio y cerradura. El medidor tendrá conexiones para 2, 3, o 4 hilos según el servicio deseado en 120V, 120/240V monofásico, o 120/208V trifásico. Al hacer la solicitud de servicio se especificará las características de la carga y la demanda de diseño. Los medidores tienen capacidad por lo general de 10 - 30 Amp o bien 50 - 150 Amp. Para corrientes mayores se colocará transformador de medición de corriente, como en el caso de suscritores de gran demanda (comercios, industrias, etc.).

9.9 INSTALACIÓN DE OTROS SERVICIOS

9.9.1 Instalación de timbres y campanillas:

Se instalarán los timbres para llamar a la puerta de entrada de una residencia. En las empresas, a fin de llamar la atención del comienzo o fin de una jornada de trabajo o descanso; también se usan para

señalización o alarma. En este caso, en ciertas empresas, hospitales aviones u otros medios de transportes, se usa combinando con señales luminosas y para llamar a las personas o avisar sobre cierta novedad. La forma de activar el timbre es por medio de pulsadores, perillas o contactos en el piso (en sala de conferencias, comedores, etc.). En corriente alterna se usa también campanillas, que constan de un electroimán con armadura pegada a una lámina elástica fija en un extremo y un soporte en el otro en forma de martillo. Existen muchos modelos pero, por lo general, son similares al descrito y que se muestran en la Figura N° 59.

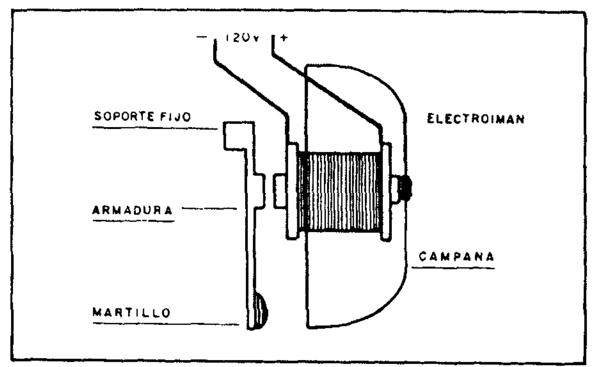


Figura N° 59. Timbre con Campanilla

Por ciclos, la señal se hace máxima y nula, mientras tanto la lámina vibrará 2 veces por ciclo y en 60 Hz, lo hará 120 veces por segundos. En otro modelo, que en vez de timbre suena como zumbador, se elimina la campana y se pone una caja de resonancia que suena más suave, vibrando el electroimán. En industrias, cárceles y otros, se utilizan cometas y sirenas que se oyen a largas distancias y en áreas grandes. Existen otros modelos de cometas de aire con motores combinados con turbinas y elementos acústicos que provocan sonidos especiales, pero que poseen el mismo mecanismo eléctrico.

Para accionar el timbre se utiliza un pulsador el cual simplemente cierra el circuito, como se podrá en gráfico más adelante. En el mercado se consiguen varios modelos de pulsadores, de bakelita o plástico, para embutir, de botón o palanquita. Las perillas se utilizan en pulsadores portátiles, tales como interruptores de lámparas de mesa o bien en timbres para usos especiales. Los pulsadores de pie van en el piso debajo de la mesa o escritorio. Existen otro tipo de pulsadores de timbre o campanillas denominados contactos de puerta o de paso, que avisan con el sonido la llegada de un intruso o cliente a un negocio. Estarán, según el mecanismo, normalmente abiertos o cerrados. Hay timbres que trabajan por el diseño del circuito en 4, 8 ó 12V. Vienen para corriente continua y también en corriente alterna, usando transformadores de 220/4, 8 ó 12V o bien 120/4, 8 ó 12V, según los requerimientos del cliente. Este timbre viene diseñado con tres bornes distintos en el secundario tal como se ve en la Figura N° 60.

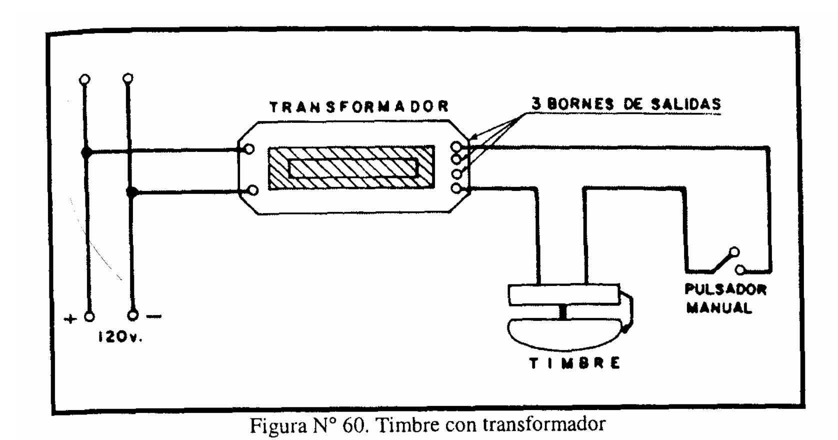


Figura N° 60. Timbre con transformador

Existen muchas combinaciones que se pueden realizar para operar un timbre o grupo de ellos. En la Figura Nº 61, se muestran dos timbres, accionados desde dos sitios distintos. Bien podría ser una estación manual de señalización o alarma en una residencia. La canalización para el timbre se comenzará en el punto de entrega de la alimentación en 120V, en el tomacorriente más cercano al punto del zumbador, donde habrá un cajetín normal para tal fin. Si el sistema es sencillo, irá un par de conductores N° 14 hasta el pulsador en 1 Ø ½” EMT, ubicado junto a la puerta de entrada. En caso de haber una combinación de pulsadores y zumbadores, la canalización será en tubería de ½” EMT, pero con el número de conductores N° 14 requerido. En todos los casos se contemplará lo establecido en el CEN para este tipo de instalaciones.

9.9.2 Sistema Telefónico:

El teléfono es un equipo eléctrico que transforma el sonido en corriente eléctrica y luego nuevamente en sonido. Por tal motivo el tubo telefónico consta de dos partes, una emisora con micrófono y otra receptora. El teléfono, cuando se trata de un solo número se alimenta de un solo par de cables y tendrá tantos pares como números asociados al equipo. Es el caso típico de una central telefónica donde llega un número determinado de pares como 5, 10 o más y salen para el interior del edificio 10, 20, 50 o más pares telefónicos, como números internos haya. Dentro de una central existen los conmutadores, que pueden operarse manual o automática. Las canalizaciones telefónicas, como también otros tipos de servicios de comunicaciones, irán siempre en tuberías exclusivas para tales servicios. Esto se respetará desde el punto de entrega por parte de la CANTV, hasta el sitio donde lo requiera el usuario, ya sea en instalaciones interiores de residencias o edificios; con el fin de evitar accidentes que podrían, en caso de falla dañar el equipo eléctrico además de provocar interferencias y ruidos indeseables.

En una residencia la canalización es sencilla; se requerirá una tubería de entrada, desde el punto de entrega de CANTV de Ø ¾” EMT, hasta una caja de llegada de 10 x 10 cm. De allí se distribuirá hasta el o los puntos telefónicos proyectados. Cuando lleguen más de 2 pares, será necesario instalar regletas terminales de conexión para facilitar la distribución, requiriéndose cajas de paso de mayor tamaño tales como de 15 x 20 x 10 cm, para facilitar la instalación. Con relación a las tuberías, se utilizará 1 Ø ½” EMT para cables de un par telefónico; para cables de 2 a 4 pares 1 Ø ¾” EMT y de 5 a 8 pares 1 Ø 1” EMT. En los sitios de salida para teléfonos se instalará un cajetín de 5 x 10 cm, donde se colocará una toma especial de conexión hembra en caso de conexión del teléfono movible. Si la conexión es fija, el cable del aparato será el mismo que llega desde la calle o caja de llegada. El calibre del conductor o pares telefónicos oscilan entre dos N° 18 a dos N° 24 según el diseño. La tubería para instalaciones telefónicas se escoge con mucho más espacio de reserva, que instalaciones de electricidad para no dañar el aislante del cable en el proceso de instalación del mismo.

9.9.3 Sistema de Antena de Televisión o Radio:

La canalización para estos servicios comienza en el techo de la vivienda, donde estará por lo general la antena que capta la señal de llegada. En el mástil o en pared cercana, se colocará una caja de 10 x 20 cm, donde se instalará una regleta que permitirá fijar el cable de la antena y conectar los cables de salidas a los diferentes puntos de antena de TV de la casa. Este cable es de un tipo especial concéntrico que se modifica su impedancia al ser colocado en tuberías; por tal motivo, será necesario instalar adaptadores de impedancia en los puntos de llegada. Una canalización compuesta por tubería de 1 Ø ½” PVC será suficiente para alojar un cable de antena, en caso de ser dos o más habrá que instalar 1 Ø ¾” PVC. Las salidas de antenas se hacen en cajetines normales de 5 x 10 cm, colocándose tapa especial para cada conexión. En caso de que se deseen instalar transformadores, elevadores o reguladores de tensión, deberán preverse cajas especiales para tal fin. La antena de radio difiere de la anterior si el equipo es radio-receptor-transmisor; en ese caso la tubería de llegada de la antena tendrá que ser mayor, de tal forma de que quede el 70% de la sección del tubo como espacio de reserva u holgura para el paso del cable en la canalización.

9.9.4 Sistema de Sonido:

Los sistemas internos de una residencia, suelen estar compuestos por un equipo de amplificador-radio-tocadiscos y otros elementos ubicados en un mueble o estante, en bibliotecas o sitios adecuados. Se dispondrá

allí de un punto de tomacorriente para alimentar el equipo y, desde el mismo saldrá el o los conductores que alimentarán las cometas ubicadas en los diferentes sitios de la casa.

Estos conductores son pares de 2 x 18 Cu-TW, que perfectamente pueden alojarse varios de ellos en 1 Ø ½" EMT. Se requerirá una caja de 10 x 10 cm, en el sitio de salida del equipo y cajetines normales de 5 x 10 cm, instalados a 1,80 m, del piso donde se conectarán las cometas respectivas.

9.9.5 Portero Eléctrico:

Se define como portero eléctrico, el sistema que esta compuesto por un pulsador de timbre de entrada que está conectado a un radio receptor, a la entrada y a uno o varios receptores, (que pudieran tener forma de teléfono), ubicados en el interior de la vivienda, según lo desee el propietario. Desde el receptor habrá otro pulsador que acciona la cerradura de entrada de la puerta de la vivienda abriéndola cuando sea necesario. La canalización se hará en forma similar a la telefónica, empleando el mismo criterio para seleccionar los diámetros de las tuberías a instalar, y prever cajas especiales para la colocación de los equipos receptores-transmisores.

9.9.6 Planos de Servicios de Comunicaciones:

A fin de tener una buena presentación de los planos de los servicios R diversos, se elaborará un plano de comunicaciones, donde se representarán los puntos o salidas con la canalización correspondiente. Se utilizará la simbología aprobada por COVENIN (señalada en el Capítulo VIII) y en el Apéndice B de este texto. Cada tipo de servicio tendrá un trazado diferente que tendrá que estar especificado en la leyenda del plano respectivo. Junto al trazado, irán señalados los calibres y números de conductores, así como también el diámetro de tuberías.

9.10 EJEMPLO DE DISEÑO DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES.

9.10.1 Vivienda tipo de interés social (Categoría N° 3)

Se tomará como modelo para este ejemplo, una vivienda con un área útil de construcción 85 m^2.

La tensión de suministro será en 115/230V, 2 fases y neutro. Para el comienzo de los cálculos, tomaremos como punto de partida lo siguiente:

CIRCUITOS RAMALES:

Cargas de Iluminación (Tabla 220-2-b CEN) (30W/m^2 x 85 m2) ÷115V = 22.2 Amp.

Se requieren dos circuitos de 11.1 Amp c/u, con 2 # 12, Cu - TW en 1 Ø ½" EMT. Protección 1x20 Amp.

Tomacorrientes de uso general y lavadero (Art. 220-16ab CEN) (2 x 1500W + 1 x 1500W) ÷ 115V = 39.2 Amp.

Se requieren tres circuitos de 13.1 Amp. c/u., con 2 # 12 Cu - TW en 1 Ø ½" EMT. Protección 1 x 20 Amp.

Calentador de agua de 50 Lts.
(1 x 1100W) ÷ 115=9.6Amp.

Se requiere un circuito de 9.6 Amp. con 2 # 12 Cu - TW en 1 Ø ½" EMT. Protección 1 x 20 Amp.

Aire Acondicionado de ¾ HP
(1 x 1600 x 1.25) ÷ 230 = 8.7 Amp.

Se requiere un circuito de 8.7 Amp., con 2 # 12 Cu - TW en
1 Ø ½" EMT. Protección 2 x 20 Amp.

En la figura N° 62 se indica el esquema del tablero para este tipo de viviendas. La protección general se obtendrá luego de diseñar la acometida eléctrica.

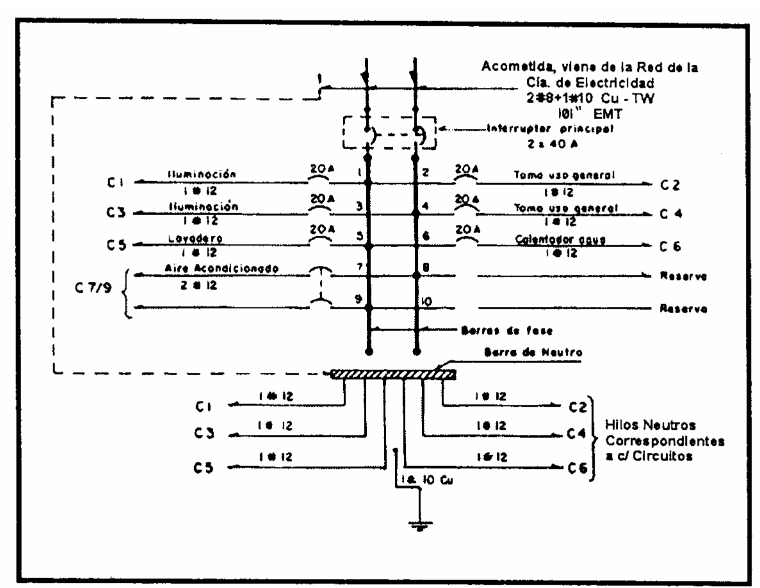


Fig. N° 62. Esquema de Tablero Requerido para una Vivienda de Interés Social (Categoría N° 3).

ESTUDIO DE CARGAS:

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
- Cargas de Iluminación	2.550W	2.5550W
- Cargas Tomas, uso general	3.000W	3.000W
- Cargas Lavandero	1.500W	1.500W
Sub-Total	7.050W	7.050W
Aplicando Factores de Demanda (Tabla 220-11 CEN)		
- Primeros 3.000W al 100%	3.000W	3.000W
el resto: (7.050-3.000) al 35%	1.417,5W	1.417,5W
Demanda Iluminación	4.417,5W	4.417,5W
Calentador de agua	1.000W	1.000W
Aire Acondicionado	1.600W	1.600W
Demanda Total:	**7.117,5W**	**7.117,5W**

CAPACIDAD DE LA ACOMETIDA:

Fases: 7117,5 ÷ 230 = 30,95 Amp.
Neutro: 5517,5 ÷ 230 = 23,99 Amp.

Conductores requeridos por capacidad de corriente:
Fases: 2 # 8 Cu - TW
Neutro: 1 # 10 Cu – TW

Una vez conocida la longitud de la acometida, debería hacerse la selección por caída de tensión, según el procedimiento indicado en el Capítulo VI, a fin de obtener la solución definitiva. En este caso asumiremos una longitud despreciable, resultando la sección del conductor solo por capacidad de corriente.

La protección principal del circuito, asumiendo que el conductor definitivo es calibre No. 8, resultará ser:

$$I_{Protección} = \frac{I_{Conductor} + I_{Calculada}}{2} = \frac{40 + 30{,}95}{2} = 35{,}48 \text{ Amp}$$

Resultará un tamaño comercial de 2 x 40 Amp.

A fin de lograr un buen funcionamiento de los interruptores automáticos, se recomienda que por su capacidad esté por encima del 20% de la corriente de diseño y, en este caso, se cumple perfectamente.

El conductor de aterramiento en el tablero general será 1#10 Cu-TW. (Tabla 250-95 CEN). La solución definitiva será

2#8 + 1#10 Cu-TW + 1#10 Cu-TW en 101"EMT.

9.10.2 Vivienda tipo clase media (Categoría N° 2)

Se tomará como área útil de este modelo 200m2' La alimentación se hará con sistema 115/230V, 2 fases más neutro.

CIRCUITOS RAMALES:

Cargas de Iluminación (Tabla 220-2-b CEN) ($30W/m^2$ x $200\ m^2$) ÷ 115V = 52.2 Amp.

Se requieren tres circuitos de 17.4 Amp c/u, con 2 # 12, Cu - TW en 1Ø ½" EMT. Protección 1 x 20 Amp.

Tomacorrientes de uso general y lavadero (Art. 220-3C CEN) (2 x 1500 + 1 x 1500) ÷ 115 = 39.2 Amp.

Se requerirán tres circuitos de 13.1 Amp. c/u., con 2 # 12 Cu - TW en 1Ø ½" EMT. Protección 1 x 20 Amp.

2 Calentadores de agua de 30 Lts.
(2 x 800W) ÷ 115 = 13.91 Amp.

Se requerirá un circuito de 13.91 Amp., con 2 # 12 Cu - TW en 1Ø ½" EMT. Protección 1 x 20 Amp.

Secadora de ropa
Fases = (5000 ÷ 230) x 1.25 = 27.2 Amp.

Neutro = 27.2 x 0.7 = 19.04 Amp.

Se requerirá un circuito para 27.2 Amp., con 2 # 10 + 1#12, Cu - TW en 1Ø ¾" EMT. Protección 2 x 30 Amp. (Se escoge en este caso 2 x 30 Amp., pues satisface el 20% de reserva de la corriente nominal del equipo). Para el estudio de cargas se tomará la carga del neutro al 70% para la secadora de ropa.

Cocina eléctrica con horno: 12000W

Según la tabla 220-19 CEN de la demanda será 8000W para los conductores activos y al neutro le corresponderá el 70% de los anteriores, resultando:

Fases = 8000 ÷ 230 = 34.8 Amp.

Neutro = 34.8 x 0.7 = 24.4 Amp.

Se requerirá un circuito con 2#8 + 1#10 Cu TW en 1Ø ¾" EMT.

Considerando Ip = 1.2 x 34.8 = 41.76 Amp., resulta un tamaño comercial de 2 x 50 Amp.

Carga de tres unidades de aire acondicionado de 12000 BTU

La corriente de cada aparato resulta ser:
I = (1900 ÷ 230) 1.25 = 10.33 Amp.

Se alimentará c/u con 2 # 12, Cu - TW en 1Ø ½" EMT, protección 2 x 20 Amp.

Si el circuito es único para los tres equipos, la demanda del mismo será:

I= (1900 ÷ 230) 1.25 + (1900 ÷ 230) 2 = 26.85 Amp.

Se requerirá 2 # 10 Cu - TW 1Ø ¾" EMT, con protección:

$$I_{protección} = I_p = I_{protección\ mayor} + \sum In_{restantes}$$

Ip = 20 + 8.26 x 2 = 36.52 Amp.

El tamaño comercial es de 2 x 40 Amp.

Carga de un extractor o motor, puerta eléctrica (1/2 HP)

(Tabla 430 - 148 CEN) en 230V
I = 4.9 x 1.25 = 6.12 Amp.

Requerirá 2 # 12 Cu - TW en 1 Ø ½" EMT con protección 2 x 20 Amp. Circuito adicional "disponible" de reserva en 115V, 3 Amp., con 2 # 12 Cu - TW, 1 Ø ½" EMT protección 1 x 20 Amp.

En la Figura N° 63 se indica el esquema del tablero general requerido para este tipo de viviendas. La protección general se obtendrá luego de diseñar la acometida eléctrica.

ESTUDIO DE CARGAS:

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
- Cargas de Iluminación	6.000	6.000
- Cargas Tomas, uso general	3.000	3.000
- Cargas Lavandero	1.500	1.500
Sub-Total	10.050	10.050
Aplicando Factores de Demanda (Tabla 220-11 CEN)		
- Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
el resto: (10.050-3.000) al 35%	2.625	2.625
- Demanda Iluminación	5.625	5.625
- Calentador de agua	1.600	1.600
- Secadora de ropa	5.000	5.000
- Aire Acondicionado (3)	5.700	0
- Extractor o motor puerta	1.127	0
- Circuito adicional	345	345
- 25% Motor Mayor (0.25 x 1.600)	400	0
Demanda Total:	**27.797**	**16.670**

CAPACIDAD DE LA ACOMETIDA

Fases: 27.797 ÷ 230 = 120.86 Amp.

Neutro: 16.670 ÷ 230 = 72.47 Amp.

Conductores requeridos por capacidad de corriente:

Fases: 2 # 1 /0 Cu – TTU

Neutro: 1 # 4 Cu – TTU

Una vez conocida la longitud de la acometida se asumirá como datos 36 m, se obtiene el conductor por caída de tensión, para un $\Delta V = 2\%$, factor de potencia del 90%, en tubería metálica, resultando $F_1 = 1$ y $F_2 = 1$ (considerando la tensión en 240V).

$$CD = \frac{116{,}94 \times 36}{1 \times 1} = 4.209 \text{ Amp}$$

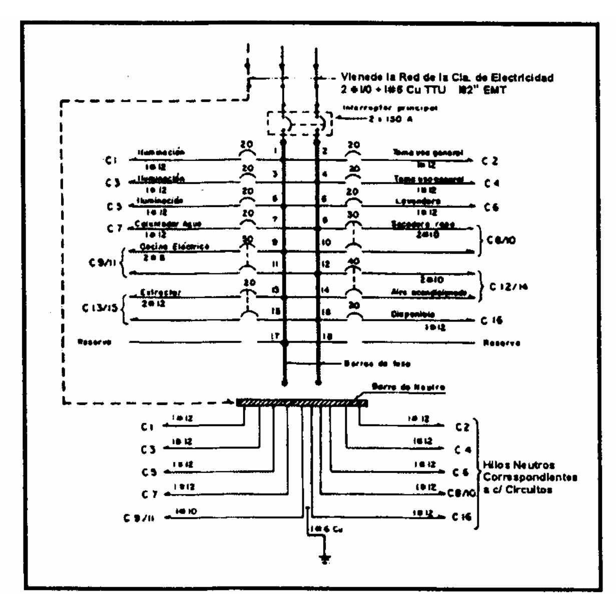
Resultando de Tablas 1/0 para las fases y para el neutro # 4 igual que por capacidad de corriente: 2 # 1/0 + 1 # 4 Cu - TTU en 1 Ø ½" EMT. La protección de la acometida será:

$I_{protección} = (150.0 + 116.94) \div 2 = 133.5$ Amp.

Resultando un tamaño comercial de 2 x 150 Amp.

El conductor de aterramiento en el tablero general será 1 # 6 Cu - TW (Tabla 250-95 CEN). La solución definitiva será:

2 # 1/0 + 1 # 4 Cu –TTU + 1 # 6 Cu – TW en 1 Ø 2" EMT


Fig. N° 63. Esquema de Tablero requerido para una vivienda de Categoría N° 2.

9.10.3 Vivienda unifamiliar residencial de lujo (Categoría N°1)

Se tomará como área tipo de 350 m^2, alimentándose con 120/208V, tres fases y neutro.

CIRCUITOS RAMALES

Cargas de iluminación (Tabla 220-2-b CEN)
($30W/m^2$ x 350 m2) ÷ 120 = 87.50 Amp.

Se requerirán cinco circuitos de 17.5 Amp. c/u, con 2 # 12 Cu - TW, en 1 Ø ½" EMT protección de 1 x 20 Amp.

Tomacorrientes de uso general y lavadero (Art. 220-16 a-b CEN)
(2 x 1500 + 1 x 1500) ÷ 120 = 37.5 Amp.

Se requerirán tres circuitos de 12.5 Amp. con 2 # 12, Cu - TW en 1 Ø ½" EMT, protección de 1 x 20 Amp.

Dos calentadores de agua de 801ts. en 208V (2 fases)
(2 x 1500) ÷ 208 = 14.4 Amp.

Se requerirá un circuito de 14.4 Amp., con 2 # 12, Cu – TW en 1 Ø ½" EMT, protección de 2 x 20 Amp.

Secadora de ropa.
(5000 ÷ 208) x 1.25 = 30.04 Amp.

Se requerirá un circuito para 30.04 Amp. con 2 # 10 + 1 # 12, Cu - TW, en 1 Ø ¾" EMT, protección de 2 x 40 Amp.

Cocina eléctrica con horno: 12000W - 208V

Análogamente al procedimiento del ejemplo anterior, resulta lo siguiente:

Fases = 8000 ÷ 208 = 38.46 Amp.

Neutro = 38.46 x 0.7 = 26.92 Amp.
Se requerirá un circuito con 38.5 Amp, pensando en la holgura requerida en estos casos, se escogerá 2 # 6 + 1 # 8 Cu-TW en 1 Ø 1” EMT., con protección de:

Ip = (38,5 + 55) ÷ 2 = 46.7 Amp., resultando 2 x 50 Amp.

Lavaplatos (1500W) y triunfador de desperdicios (1500W), ambos alimentados en 120V, se tiene:
(1500 x 1.25 + 1500) ÷ 120 = 28.2 Amp.

Se requerirá un circuito para 28.2 Amp. con 2 # 10, Cu – TW en 1 Ø ¾” EMT, protección de 1 x 40 Amp.

Conjunto de: refrigerador de dos puertas con fabricador de hielo, enfriador de agua y descongelamiento automático (700W + 400W adicionales); unidad de congelador aparte del anterior de una puerta, con compartimientos para: carnes, pollo y pescado (350W) ambos en un solo circuito de 120V:

(1100 x 1.25 + 350) ÷ 120 = 14.4 Amp.

Se requerirá un circuito para 14.4 Amp. con 2 # 12 Cu – TW, en un 1 Ø ½” ″ EMT, protección de 1 x 20 Amp.

Bomba para impulsar el agua de un sistema hidroneumático de 1600W en 208V (2 fases)

(1600 ÷ 208) 1.25 = 9.61 Amp.

Se requerirá un circuito para 9.61 Amp, con 2 # 12 Cu – TW , en 1 Ø ½”EMT, protección de 2 x 20 Amp.

Equipo de aire acondicionado central con motor del compresor de 5 HP, trifásico 208V (Tabla N° 33 en Apéndice del libro).

In = 16.70 Amp.

I_{cable} = 16.70 x 1.25 = 20.88 Amp.

Por capacidad de corriente, para un circuito trifásico con 20.9 Amp. resulta: 3#10 Cu-THW. Asumiendo una distancia de 20 m. entre el equipo de aire acondicionado y el tablero (ubicado fuera de la casa), la selección por caída de tensión para ΔV = 1 % se tiene lo siguiente:

$$CD = \frac{20{,}88 \times 20}{\frac{1}{2} \times 1} = 835 \text{ Amp}$$

Considerando el THW = TTU en ducto magnético y factor de potencia de 0.8, se tiene para 1.076 Am., que corresponde al calibre N° 8, por consiguiente la solución es: 3 # 8 Cu – THW. La protección del motor, asumiendo arranque directo, código sin letra (Tabla 430-152 CEN): Ip = 16.72 x 2.50 = 41.8 Amp., se escogerá 3 x 50 Amp. Agregando el cable de tierra resultará: 3 # 8 + 1 # 10 Cu -THW en 1 Ø 1”" EMT.

4 Unidades de Ventilador - Serpentín (fan-coil) de ½ Hp en 120 ubicados en habitaciones, biblioteca, cocina etc. (Tabla 430-148 CEN):

In = 9.8 Amp. para cada unidad.

Se distribuirán en dos circuitos resultando:
Ic = 1.25 x 9.8 + 9.8 = 22.05 Amp.

Se requerirán dos circuitos en 120V con 22.05 Amp., cada uno, con 2 # 10 Cu-THW en 1 Ø ¾" EMT.

La protección será de 1 x 30 Amp.

Circuito adicional disponible de reserva en 120V, 10 Amp. (1200W).

Ic = 1.25 x 10 = 12.50 Amp.

Se requerirá una salida para 12,5 Amp. con 2 # 12, Cu – TW en 1 Ø ½"EMT, con protección de 1 x 20 Amp.

En la Figura N° 64 se ilustra un esquema del tablero general, requerido para el tipo de vivienda unifamiliar Residencial de Lujo, Categoría 1.

ESTUDIO DE CARGAS:

	Carga en vatios		
	Fases	Neutro	
- Cargas de Iluminación	10.500	10.500	
- Tomas, uso general y lavandero	4.500	4.500	
		3.000	
(Resto al 35%)		4.200	
Sub-Total Ilum. Gral.		7.200	
- Calentadores de agua	3.000	0	
- Secadora de ropa (Neutro al 70%)	5.000	3.500	
- Cocina c/hotno (Neutro al 70%)	8.000	5.600	
- Lavaplatos - Triturador	3.000	3.000	
- Refrigerador - Congelador	1.450	1.450	
- Circuito adicional	1.200	1.200	
Sub-Total "B" (Cargas Especiales)	21.650		
Sub-Total "A" + "B"	36.650	16.670	
Aplicando Factor de Demanda (220-30 CEN)			
Primeros 10 KW al 100%	10.000		
El resto al 40%	10.660		
Sub-Total "C"	20.660		
Otras Cargas Especiales (al 100%)			
Bomba del Sistema Hidroneumático	1.600	0	
Motor del Compresor			
Sistema de aire acondicionado (16.72 x 1.73 x 208)	6.017	0	
Unidades Ventilador – Serpentín del Sistema de Aire Acondicionado (1.25 x 9.8 + 3 x 9.8) 120	4.998	4.998	
Total para Fases ("C" + otras cargas especiales)	33.275	26.948	Total p/Neutro

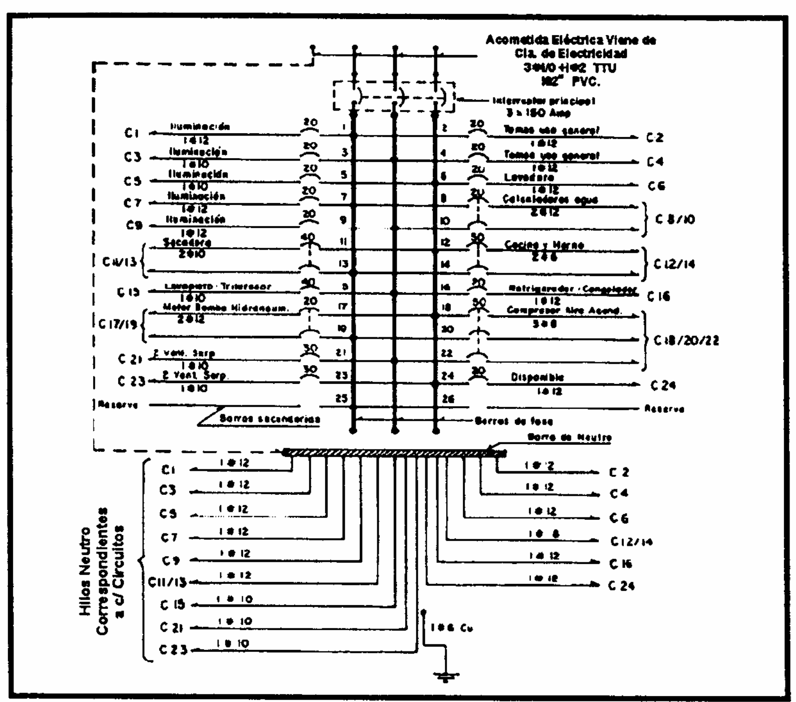


Figura N° 64. Esquema de tablero requerido para una vivienda de categoría N° 1.

ACOMETIDA ELÉCTRICA:

Se tomará como dato, que la longitud entre el punto de entrega de la compañía de electricidad y el tablero de la vivienda es de 45 m. Se utilizará tubería plástica PVC, cable de cobre TTU y se asume un factor de potencia del 95% para una caída de tensión permisible en el tramo del 2%.

Demanda de diseño para las fases 33.275W.

$$I_{\text{diseño}} = \frac{332.275}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 97{,}34 \ \text{Amp}$$

Por capacidad de corriente, se requiere un conductor:
3 # 2 Cu-TTU

Por caída de tensión se tiene:

$$CD = \frac{97{,}34 \times 45}{1 \times 1} = 4.380 \ \text{A} \cdot \text{m}$$

Se requiere 3 # 1/0 Cu – TTU

La solución definitiva para los conductores es: 3 # 1/0 Cu – TTU

Demanda de diseño del Neutro: 23.448W

$$I_{\text{diseño}} = \frac{26.948}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 78{,}82 \ \text{Amp}$$

Por capacidad de corriente se requiere un conductor 1 # 4 Cu – TTU

Por caída de tensión se tiene: $CD = \frac{78{,}82 \times 45}{1 \times 1} = 3.547 \;\; A \cdot m$

Se requiere 1 # 1/0 Cu – TTU

La protección principal del tablero es la siguiente:
Ip = (150 + 97.34) ÷ 2 = 123.67 Amp.

El tamaño comercial es: 3 x 150 Amp.

El conductor de aterramiento en el tablero general será 1 # 6 de cobre (Tabla 250-95 CEN).

La solución definitiva para la acometida eléctrica es la siguiente:

3#1/0+1#1/0 Cu –TTU + 1#6 Cu –TW en 1Ø3”PVC

Diseño de Tablero General:

Antes de definir las especificaciones del tablero correspondiente al ejercicio (9.10.3), se hará un Balance de Fases a la entrada del mismo, tomando en cuenta la carga conectada según lo indica la siguiente tabla:

TABLA DE BALANCE DE FASES A NIVEL DE TABLERO SEGÚN LA CARGA CONECTADA

N• Circ	Descripción Circuito	Carga en Watio		
		A	B	C
1	Iluminación	2.100		
	Tc uso general	1.500		
3	Iluminación		2.100	
4	Tc uso general		1.500	
5	Iluminación			2.100
8	Lavadero			1.500
7	Iluminación	2.100		
8	Calentador de agua			
9	Iluminación		2.100	
10	Calentador de agua		1.500	
11	Secadora			2.500
12	Cocina con horno			4.000
13	Secadora	2.500		
14	Cocina con horno	4.000		
15	Lavaplatos triturador		3.000	
16	Refrigerador. Congelador		1.450	
17	Motor bomba Sist. Hidroneumático			800
16	Compresor de aire acondicionado			2.006
19	Motor bomba Sist. Hidróneumático	800		
20	Compresor de aire acondicionado	2.006		
21	Ventilador serpentín		2.499	
22	Compresor de aire acondicionado		2.006	
23	Ventilador serpentín			
24	Circuito adicional			1.200
25	Reserva			
26	Reserva			
		16.506	**16.155**	**16.605**

$$\text{Promedio} = \frac{16.506 + 16.155 + 16.605}{3} = 16.422 \text{ W}$$

FASE	A	B	C
%	0,5	1,6	1,1

debido a que son menores del 5% no se requiere corregir o intercambiar los valores de la tabla. En caso dado que el porcentaje sea mayor del 5%, se debe tantear pasando las cargas entre las fases, tomando en cuenta que:

- Debe tratarse que resulte el mismo número de elementos por fase, o por lo menos el menor desequilibrio en número de salidas.

- Una vez determinado la mejor distribución de cargas por fase, proceder a dibujar el tablero, colocando cada salida según la ubicación planteada en la Tabla de Balance de Fases Anterior, como aparece en la Fig. N° 64.

Queda a criterio del proyectista definir el número de salidas de reserva, como así también, la potencia en vatios que corresponda. Para este tipo de obra se puede estimar una reserva que oscile entre el 5% y el 10%. Para las áreas comerciales, industriales y otras áreas grandes la reserva estimada se puede asumir más allá del 10%, según lo considere el proyectista tomando en cuenta que esto implica una elevación en los costos a la hora de ejecutar la obra eléctrica.

Para los tableros representados en las Figuras N° 62, 63 y 64, habrá que realizar la comprobación del balance de cargas entre las fases, conforme a la repartición efectuada a partir de las potencias de diseño, correspondientes a los circuitos ramales, según se realizó en la tabla anterior.

Finalmente queda por definir las características del Tablero General cuyas especificaciones son las siguientes:

Especificación del tablero general:

Tablero tipo NLAB430AB trifásico 240V, montaje para empotrar con puerta y cerradura (opcional). Interruptor principal de 3 x 150 Amp., Breaker de Icc = 10 Ka., con 24 salidas secundarias más 6 de reserva totalizando 30, con los siguientes breakers:

10 salidas de 1 x 20 Amp.
2 salidas de 1 x 30 Amp.
1 salida de 1 x 40 Amp.
2 salidas de 2 x 20 Amp.
1 salida de 2 x 40 Amp.
1 salida de 2 x 50 Amp.
1 salida de 3 x 50 Amp.
6 salidas de reserva.

Véase la figura N° 64, para más detalles sobre el esquema del tablero descrito.

Presentación de planos ilustrativos:

En el Apéndice C, aparte N° 1, al final del libro, aparece un plano de planta con la distribución eléctrica requerida para todos los servicios de una vivienda, ilustrada en el ejemplo anterior de categoría N° 1. También se indican en plano aparte los puntos y líneas para comunicaciones, a saber: timbre, teléfono, antena de TV y sonido.

NOTA:
En proyectos que se realizan en la actualidad para cocinas con características del orden de las viviendas de categoría N° 1 y N° 2, se suelen diseñar un Circuito de Cocina el cual sale del tablero general y va sobre la pared de la mesada de cocina para alimentar equipos electrodomésticos diversos, tales como: licuadoras, batidoras, tostadoras, etc., los tomacorrientes ubicados en la pared a 1.10 m., de altura sobre el piso, se le estima una carga promedio entre 600W y 750W, resultando una carga de diseño para tres (3) tomacorrientes entre 1800W y 2250W, para éste Circuito de Cocina.

CAPITULO X

CANALIZACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES PARA VIVIENDAS MULTIFAMILIARES

Proyectar canalizaciones eléctricas para edificios residenciales es aplicar el cúmulo de conocimientos esbozados en los capítulos anteriores de este trabajo; pero, como se verá en el desarrollo del mismo, la aparición de nuevos servicios y de situaciones que son propias de las viviendas multifamiliares, harán necesaria la apreciación de consideraciones particulares.

En el Capítulo VIII, se trató lo relacionado con la recopilación de la información previa requerida al comenzar un proyecto. Es aquí, a nivel de anteproyecto de un edificio, en donde reviste verdadera importancia esta actividad. En la reunión inicial que se tendrá con el Arquitecto, deberán fijarse las necesidades de espacios requeridos para la instalación del cuadro de medidores, caseta de transformación y, particularmente, espacios verticales libres o ductos, requeridos para la instalación de las tuberías que suben con los diferentes servicios eléctricos.

Se recomienda apartar un espacio equivalente a cuatro veces la suma de las secciones rectas de los tubos a instalar. Igualmente, se debe prever la colocación de bocas de visitas a los ductos en cada piso, con el objeto de facilitar las labores de mantenimiento o ampliaciones y modificaciones futuras. Para evitar interferencias con la labor del Ingeniero estructural, se coordinará la ubicación del ducto, de tal forma que las tuberías no debiliten u obstruyan las estructuras del edificio. Deberá tomarse en cuenta al ubicar los servicios eléctricos colectivos, lo pautado en el Decreto 46, relacionado con las Normas Contra Incendios, a fin de no obstaculizar las vías de escape ni las escaleras.

El diseño de instalaciones eléctricas de un edificio contempla, en primer plano, lo relativo a los apartamentos; luego, lo concerniente a los servicios generales, se continúa con el tablero general y el cuadro de medidores, la subestación y las acometidas en baja y alta tensión. Complementando lo anterior, se diseñan los servicios comunes de comunicaciones, seguridad, etc.

10.1 DISEÑO DE SUB-ALIMENTADORES Y TABLEROS DE LAS UNIDADES HABITACIONALES.

Cada apartamento, para los efectos de instalaciones eléctricas, se considerará como si fuera una vivienda unifamiliar, a pesar de que físicamente se encuentre en vez de planta baja a nivel 0+0,00 (cota del terreno o acera), situada en el piso 3, 7, 9 ó 18. Por consiguiente, todo el razonamiento efectuado en el Capítulo IX es válido para esta parte del cálculo correspondiente. No obstante, haremos referencia a ciertos detalles particulares.

Un edificio puede estar compuesto de:

1. Apartamento tipo, de igual distribución e igual área de construcción.

2. Apartamentos tipo, más apartamento del conserje.

3. Apartamentos tipo, dos, pent-house o más (Apartamentos de mayor área de construcción y más categoría que el apartamento tipo) ubicados en el último piso y el del conserje por lo general ubicado en planta baja.

4. Lo mismo que contiene el anterior (3) más algunos locales comerciales que, por lo general, se ubican en la planta baja.

5. Igual a los tipos anteriores pero con apartamentos, pent-house y locales comerciales de áreas y distribución diferente.

Para los efectos de comenzar con el diseño de los servicios eléctricos, se procederá de igual manera que para una residencia, tales como: puntos de iluminación, puntos de tomacorriente de uso general y especial; diseño de los circuitos ramales que parten del tablero del apartamento y diseño del mismo. Se tomará en cuenta cierta reserva para equipos de aire acondicionado, cocinas eléctricas, etc. (si no se han contemplado inicialmente), no olvidando lo concerniente a la categoría de la unidad residencial (visto en el Capítulo IX). Redundamos sobre lo mismo, pues deberá tomarse en cuenta que cualquier modificación futura, en un edificio de apartamentos, podría resultar imposible, o bien muy laboriosa y, por consiguiente, costosa.

Respecto al diseño del sub-alimentador, que iría desde el cuadro de medidores a cada uno de los apartamentos, se calculará en base al estudio de cargas y demandas de los diseños correspondientes. Si el edificio está compuesto, según lo señalado en (1), se hará un solo estudio de carga. En el caso de (2) serán dos, para el caso (3), (4) y (5) se calcularán tantas demandas de diseño como modelos de apartamentos, pent-house y locales comerciales existan. El siguiente paso será determinar los conductores y tuberías necesarios para cada sub-alimentador. A nivel de anteproyecto, debe haberse definido la trayectoria que seguirá cada sub-alimentador. desde el cuadro de medidores hasta los apartamentos.

En el caso de un edificio con 2, 3 ó 4 apartamentos por piso, será suficiente subir por un solo ducto el paquete de tuberías correspondiente a los sub-alimentadores; pero, cuando se trata de edificios con más de cuatro unidades por piso, o bien de grandes áreas de construcción (más de 120 m^2 por apartamento), se recomienda disponer de dos ductos de subida o más, si fuera necesario, conforme al diseño. Estas consideraciones, referentes a la ruta que se seguirá para cada sub-alimentador, se hacen a fin de tener claro el dato de longitud del recorrido de cada uno, para poder seleccionar el calibre de los conductores por capacidad-de corriente y por caída de tensión, escogiendo la solución más severa. Es recomendable ir tabulando las operaciones y resultados para lograr una buena presentación de los cálculos y evitar posibles errores u omisiones.

10.2 DISEÑO DE CANALIZACIONES PARA SERVICIOS GENERALES

Los servicios generales de un edificio deben ser considerados con especial atención en los comienzos del proyecto, o sea, a nivel de anteproyecto. Para todos los servicios comunes se destinará un medidor exclusivo, el cual indicará la facturación correspondiente al consumo de energía eléctrica, que deberá ser cancelado por la sociedad de condominio, formada por él o los propietarios del apartamento y locales comerciales si los hubiere. A continuación del medidor, vendrá la protección del sub-alimentador que va al tablero de servicios generales (TSG), destinado exclusivamente para tal fin. Por lo general el (TSG) se ubica cerca del cuadro de medidores en un lugar cómodo, de fácil acceso, para que el conserje pueda realizar funciones de operación y mantenimiento. El diseño dependerá del tipo de carga que tenga que alimentar, las cuales se describen a continuación:

10.2.1 Cargas de Iluminación

Comprenden los puntos o salidas para iluminación y tomacorrientes de uso general para ambientes interiores o exteriores. Cabe señalar que, fundamentalmente, se le dará servicio a las áreas comunes tales como: pasillos, escalera, sótano, garaje, salas de estar, espera o de fiesta; terrazas, fachadas, áreas verdes, jardines, área de juegos infantiles, piscina, canchas de tenis u otros deportes similares si los hubiere. Es necesario, al diseñar los circuitos ramales que servirán a cada sector seleccionar los conductores por capacidad de corriente y por caída de tensión, tomando en cuenta las distancias resultantes. En cuanto a los interruptores de iluminación, es conveniente que algunos circuitos no estén encendidos toda la noche, sino durante cierto tiempo o en pequeños lapsos, según las necesidades. Para ello se colocarán interruptores horarios de períodos de encendido de 12 horas o menos, según las necesidades, y, en ciertos casos, interruptores de 3 minutos en escaleras, (hoy en desuso). Para áreas exteriores podrán usarse interruptores fotoeléctricos, que accionen los circuitos al comenzar la oscuridad, alrededor de las 6 p.m. y que interrumpan al amanecer, alrededor de las 6 a.m. Estos controles de alumbrado están compuestos

por una caja con un electromagneto e interruptor termomagnético de respaldo o de conexión. En la parte exterior de la caja estará la célula fotoeléctrica, que enviará la señal en bajo voltaje para abrir o cerrar el circuito cuando el nivel de iluminación producido por la luz natural así lo imponga.

En ciertos edificios, de acuerdo a su altura, según lo establezcan las reglamentaciones aeronáuticas vigentes (o del MTC), es necesario instalar iluminación para señalización en la azotea conocida como "balizaje de techo". Consiste en uno o varios puntos de luz colocados en un mástil, ubicado a 3 m sobre el piso de la azotea, con luz roja de 250W-220V. En caso que el edificio esté en las cercanías de un aeropuerto, las normas son más exigentes, para lo cual habría que consultar al organismo competente.

10.2.2 Apartamento del Conserje

Por lo general, el apartamento del conserje es de un área menor al de un apartamento tipo y, para los efectos de diseño, se le dará la categoría de vivienda de interés social. El procedimiento para seleccionar el sub-alimentador es idéntico al de una unidad habitacional antes señalada, tomándose en cuenta la demanda de diseño que resulte del análisis del mismo.

10.2.3 Ascensores o montacargas

Se define como ascensor, aquel mecanismo de ascenso y descenso, el cual está equipado con una cabina o plataforma la cual se mueve entre guías metálicas, en forma vertical, a través de los diferentes niveles de un edificio.

Los ascensores se fabrican en dos. tipos: eléctricos e hidráulicos, ambos diseñados para transportar personas y cargas. El eléctrico está compuesto por un motor que impulsa y mueve la cabina, según lo establezca el sistema de control previsto. El hidráulico lo impulsa un líquido a presión, confinado en uno o más cilindros, equipados con émbolos. La presión se logra mediante un motor acoplado a una bomba hidráulica. Se prefiere para este tipo los motores trifásicos de inducción, jaula de ardilla.

En Venezuela se utiliza más el sistema eléctrico, el cual se compone de una máquina impulsora de tipo tracción, acoplada a un eje con un tambor en el que se enrolla y desenrolla la guaya que sostiene en la fosa el carro o plataforma. Esta máquina posee un freno de fricción y desaplicación eléctrico, que actúa directamente sobre el eje de la misma.

El motor impulsor puede ser uno trifásico de inducción, el cual es empleado en sitios donde se requiere baja velocidad (0,6 m/seg) y poca carga (hasta 300 Kg).

Para velocidades non-únales mayores, como es el caso de un edificio residencial (entre 1,0 y 1,5 m/seg) es empleado un motor impulsor de corriente continua. Este es apropiado para cargas mayores también. Dado que la fuente de energía eléctrica disponible es en corriente alterna, será necesario disponer de un convertidor, o grupo "Ward Leonard", compuesto de un motor de inducción o sincrónico, que mueve un generador. Este produce una tensión que se puede variar, logrando modificar el campo mediante un reóstato. La tensión variable se aplica al motor impulsor del ascensor, lográndose una buena regulación de velocidad y una suave y rápida aceleración. Es recomendado este sistema en aquellos casos de ascensores con grandes cargas.

En la actualidad se prefiere un ascensor eléctrico silencioso y sin vibraciones. Para ello se emplea, como fuente de corriente continua, un **banco de rectificadores a base de tiristores.**

El recinto donde se ubican (el tablero de distribución eléctrica, que recibe el circuito alimentador que viene del tablero de servicios generales; los equipos de control, rectificadores, convertidores motores, componentes mecánicos, etc.) se denomina "Sala de máquinas". Deberá tener paredes verticales, techo y unas ventanas que permitan la ventilación e iluminación natural adecuada. La sala de máquinas, por razones operativas, se prefiere que este ubicada en la azotea, o sea, en la

terraza o techo del último piso, sobre la fosa del sistema de ascensores. Deberá poseer fácil acceso mediante escaleras y puertas de tamaño adecuado, que permitan el paso de personas y equipos necesarios, para realizar las tareas de reposición o mantenimiento.

No se permitirán dentro de ellas, depósitos de mercancías, objetos varios, basuras o equipos ajenos al sistema.

En el diseño de un sistema de ascensores y montacargas, para lo cual será necesario determinar el tráfico, número de pasajeros, velocidad nominal, número de unidades a instalar etc., se recomienda consultar la Norma COVENIN 621-72, denominada CÓDIGO NACIONAL PARA ASCENSORES DE PASAJEROS.

La instalación de ascensores dependerá del número de pisos que posea el edificio. En algunos de interés social o de segunda categoría, que tengan hasta tres pisos, las Ordenanzas Municipales no obligan a que sean instalados ascensores. De cuatro pisos en adelante sí habrá que instalarlos y el número de unidades y su tamaño dependerá de la cantidad de apartamentos y de la densidad de tráfico por hora. La velocidad y la automatización de los equipos dependerán de la inversión disponible a las exigencias del propietario.

En edificios de apartamentos de hasta diez pisos, la velocidad típica suele escogerse entre 1.2 y 1.5 m/seg. Según el número de personas a transportar, se requiere de una potencia en KVA, según se indica en la tabla N° VIII.

Tabla N° VIII
CONSUMO DE POTENCIA EN KVA POR MOTOR DE UN ASCENSOR

Velocidad Nominal m/s	Número de Personas					
	4	8	10	13	16	20
1.0	6	12	14	19	30	30
1.3	8	16	20	30	30	40
1.5	9	20	30	30	40	40
1.8	15	30	30	30	50	50
2.0	15	30	30	40	50	60

Fuente: Albert F. Spitta, Instalaciones Eléctricas. Tomo II. P. 872

Nota: Durante el proceso de arranque de un ascensor, en el caso más desfavorable, cuando comienza a subir (con la cabina conteniendo el número máximo permitido de personas), se desarrolla un esfuerzo por el impulso que debe tomar el equipo, de corta duración (máximo cinco segundos). En este lapso de tiempo, se requiere una potencia instantánea que oscila entre 3 y 4 veces los valores indicados en la Tabla N° VIII. Por consiguiente, estos datos serán utilizados posteriormente para la selección de conductores y protecciones.

Suelen instalarse, en ciertos edificios de lujo, ascensores para el público y otro privado para propietarios y el servicio. En algunos se instalan montacargas, pero más frecuentes son en edificios comerciales, donde hay que transportar bultos y mercancías. En hospitales se usan para transportar camillas de un piso a otro, a fin de movilizar a los pacientes a diferentes áreas del edificio.

EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL establece, con carácter obligatorio, el cumplimiento de normas para la instalación de ascensores en la sección número 620. Respecto a la capacidad de corriente de los alimentadores, se establece, en la sección número 430-22 (Excepción N° 1) y en la tabla 430-22a que **para ascensores y montacargas en servicio continuo, la corriente de diseño no debe ser menor del 140% de la corriente nominal (In). En la misma sección, el CEN establece (en la excepción N° 2) que, cuando se utiliza puente rectificador monofásico de media onda, se utilizará el 190 % de In.**

Como ejemplo se pretende justificar lo antes señalado:

Se tiene un motor de corriente continua, alimentado por un banco de rectificadores, el cual absorbe en condiciones normales 20 KVA, con tensión de alimentación de 120/208V.

La corriente resultante será:

$$In = \frac{20.000}{\sqrt{3} \times 208} = 55{,}5 \ \text{Amp}$$

Aplicando los diferentes factores que indica el CEN, resulta lo siguiente: (Independientemente del tipo de equipo que se trate)

$I_{diseño}$ = 55.5 x 1.4 = 77.7 Amp.

Id2 = 55.5 x 1.5 = 83.25 Amp.

Id3 = 55.5 x 1.9 = 105.45 Amp.

Id4 = 55.5 x 2.0 = 111 Amp.

Para los dos primeros casos, por capacidad de corriente, resulta calibre N° 4 y en los dos restantes, calibre N° 2. **Por tal motivo, para los fines prácticos, es recomendable aplicar un factor multiplicador del 200% In,** o sea, que se seleccionará el calibre N° 2 de cobre aislamiento THW.

Como conclusión, para la selección de los conductores, se tomará en cuenta la capacidad de corriente antes establecida, tanto para la obtención del calibre del cable por capacidad, como por caída de tensión. Esta, en ningún caso, deberá ser mayor del 4%, producto de la distancia del tablero general o servicios generales (TSG), al tablero de la sala de máquinas (TSM), en la azotea.

Se recomienda utilizar conductores de cobre, aislamiento THW para 600V. El circuito que alimentará el (TSM) llevará tres fases neutro y tierra y lo alimentará en forma exclusiva con tensión 120/208V. Los conductores activos se obtendrán, utilizando como datos, los de la placa correspondiente a cada "motor impulsador", o bien, los datos de la Tabla X. Los datos correspondientes a la velocidad y número de personas que transportará la cabina, los suministrará el ingeniero mecánico, que suele realizar este tipo de cálculos, para el diseño de un sistema de ascensores de un edificio, bien sea residencial, comercial, de oficina, etc.

El calibre del hilo neutro será aquél requerido para obtener tensión de 120V, para alimentar los sistemas de control e iluminación de la cabina y la sala de máquinas; por tal motivo no guardan relación con la corriente de fase. El cable de tierra corresponderá al requerido según la tabla 250-95 del CEN. (Apéndice A2 Tabla N° 11)

La tubería que alojará los conductores alimentadores del (TSM) será: metálica, tipo EMT, si va semiempotrada en paredes; o bien metálica tipo pesada. Conduit galvanizada, anclada en la estructura y-paredes del ducto diseñado especialmente para tal fin. Queda terminantemente prohibido, y así lo establece el CEN, colocar tuberías de electricidad y de cualquier otro tipo, en la fosa del ascensor. Solo se permitirán aquellas requeridas para su propio servicio de control o similar.

Cuando se trate de un circuito alimentador del (TSM) que corresponda a varios ascensores, se podrá aplicar, para obtener la corriente del diseño del conductor, factores de diversidad o simultaneidad (Véase Cap. VIII, Secc. 8.1). El manual de A.E. Knowlton. Tomo II, Sección 17.305, establece los factores de diversidad que se indican en la Tabla N° IX.

En primer lugar, se tendrán los correspondientes a "servicio local", o sea que se pueda detener la cabina en todos los pisos.

TABLA N° IX
FACTORES DE DIVERSIDAD PARA ASCENSORES
CON SERVICIO LOCAL

Número de Unidades	Factor de Diversidad
2 Ascensores	1.70
3 Ascensores	2.40
5 Ascensores	3.60
10 Ascensores	6.00

En el otro caso se tiene el sistema de ascensores con "servicio expreso", el cual se detendrá en cierto número de pisos o después de tantos pisos, Véase Tabla N° X a continuación.

TABLA Nº X
FACTORES DE DIVERSIDAD PARA ASCENSORES
CON SERVICIO EXPRESO

Número de Unidades	Factor de Diversidad
2 Ascensores	1.85
3 Ascensores	2.70
5 Ascensores	4.20
10 Ascensores	7.60

Para los fines de confiabilidad de servicio eléctrico, se podrá optar por instalar más de un alimentador, cuando se trate de un grupo de ascensores. Todo dependerá del orden de la inversión que se desee realizar. Es criterio, actualmente de algunos proyectistas, diseñar alimentadores individuales para cada ascensor.

Debe tenerse presente que: por lo menos un ascensor deberá estar conectado al Tablero de Servicio Prioritario (TSP) con **carácter** preferencia¡, según lo establecen las Normas contra Incendio vigentes, lo cual implica un alimentador exclusivo para el mismo.

En cuanto a la protección del circuito alimentador de un (TSM), es un poco complicada la selección del tamaño de la misma. La corriente de arranque con máxima carga en subida, será la referencia y en el caso de que se seleccione fusibles, éstos tendrán que ser lentos. Es más recomendable instalar interruptores automáticos de tiempo inverso de acción retardada.

El CEN, en la sección 430-52, establece que la corriente de diseño de una protección automática: **"Se podrá asumir hasta el 400% de In en caso de una demanda de 100 amperios o menos. Se tomará el 300% de In cuando la demanda exceda los 100 amperios".** Luego, la selección definitiva será la que resulte de escoger el tamaño comercial inmediato superior al antes logrado (Apéndice A6, Tabla N° 31).

10.2.4 Ventilación forzada y aire acondicionado

Es requerimiento de la permisología, prever ventilación forzada para la fosa de ascensores (normas contra incendio) y presurización de escaleras. Estas cargas se alimentarán con circuitos ramales, diseñados en base a la corriente de diseños o potencia nominal, los cuales se conectarán al (TSP). El dato correspondiente lo suministrará el proyectista de los servicios mecánicos, tales como ascensores, ventilación forzada, bombas, aire acondicionado central, etc. En edificios de lujo suelen proyectarse sistemas de aire acondicionado central, cuyos equipos se colocan en terrazas, mezzanina (piso intermedio entre la planta baja y el primer piso) o bien en la azotea del edificio. Pueden ser alimentados desde el (TSG), del (TG) o bien de la sub-estación de transformación directamente, según sea su capacidad en KVA.

Puede resultar, según el diseño, que cada apartamento posea su equipo central individual; éste sería alimentado, bien desde el tablero de cada apartamento o desde los bornes de salida del interruptor del cuadro de medidores correspondiente al suscritor, con circuito exclusivo para el equipo mencionado. La selección de los conductores del circuito ramal, en cualquiera de los casos y su protección, se hará conforme a lo establecido en el Capítulo VII, para alimentación de motores, cargas de iluminación y misceláneos.

10.2.5 Equipos de bombeo

Para fines diversos, es necesario, en edificios residenciales, instalar equipos de bombeo. Lo habrá para aguas de lluvias, aguas negras, aguas blancas, para impulsar el agua desde un tanque subterráneo a uno elevado en azotea, o bien hacia un tanque hidroneumático. Todos estos equipos serán alimentados desde el (TSG). Se excluye de este grupo de bombas conectadas al (TSG), la bomba contra incendios, la cual tendrá una conexión especial que se describirá más adelante en el Sistema de Detección y Alarma contra incendio.

Todas las bombas serán alimentadas con circuitos ramales según los lineamientos esbozados en el Capítulo VII.

10.2.6 Otros servicios

En algunos edificios suelen instalarse incineradores de basura o plantas compactadoras; estas cargas también serán alimentadas desde el (TSG). Cualquier otro servicio, común a todos los abonados y aquí no tratado, serán alimentados desde el tablero de servicios generales.

10.2.7 Sub-Alimentador del TSG

Para la selección de la canalización del tablero de servicios generales (TSG), se tendrá en cuenta lo establecido por el CEN respecto a la corriente de diseño del subalimentador, la cual se determinará de la forma siguiente: ([*])

Id = In (motor mayor x 1.25) + E In; (In de motores restantes) + I Carga de iluminación y tomas de uso general.

Siendo In la corriente nominal de motores y equipos especiales a instalar. En todos los casos deberá preverse, tanto para el (TSG) como para la sala de máquina de ascensores, tuberías de reserva para futuras modificaciones por ampliación de los servicios, o bien por razones de mantenimiento.

10.3 SUBESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN

Conforme a la demanda de diseño, un edificio podrá ser alimentado en baja tensión, si existen facilidades en las redes de distribución en la zona por parte de la Compañía de Electricidad. En caso contrario o por el volumen de la demanda, habrá que instalar una subestación de transformación exclusiva.

Para todos los servicios en el edificio residencial, se requerirá un sistema trifásico, cuatro hilos 120/208V. La sub-estación será "tipo interior" o "exterior", conforme al diseño y facilidades de espacio disponible o factores económicos. Para los "tipo intemperie" la subestación estará ubicada en postes o estructuras de acero auto soportantes. La característica de las mismas será de acuerdo a) la capacidad de transformación a instalar. Para bancos de transformación hasta de 150 KVA se montarán en un solo poste. Para 225 KVA y 300 KVA será en estructura con plataforma de soporte. En caso de capacidades mayores se recomienda instalar el banco de transformación en subestaciones en piso. En algunos casos, para este tipo se emplean las del tipo compactas, que responden a las características NEMA (normas a las que se hizo referencia en el Capítulo II). Aunque ellas no están aprobadas por COVENIN, han sido reconocidas

[*] CEN: Sección 430-24 y 430-25

y son de libre utilización y cumplimiento en Venezuela. Las normas NEMA responden a la característica de cajas metálicas y gabinetes para usos diversos en electricidad, los cuales se indican a continuación:

Tipo 1 Para uso general

Tipo 2 A prueba de goteo

Tipo 3 Para servicio a la intemperie

Tipo 3R A prueba de lluvia

Tipo 4 A prueba de agua y polvo

Tipo 5 A prueba de polvo solamente

Tipo 7 A prueba de gases volátiles y explosivos

Tipo 9 A prueba de polvos explosivos

Tipo 12 Para servicio industrial exclusivamente.

Estas cajas y gabinetes poseen según la clasificación, espesores de láminas determinados, bien sea en galvanizado o pintadas a fuego, de tipo anticorrosivo. Los gabinetes para subestaciones compactas disponen en su interior de protección de llegada en alta o baja tensión, banco de transformación (según las necesidades) y tablero de salidas con sus protecciones de sobrecorriente. Habrá, si es necesario, interruptores de transferencia para poner en servicio otro circuito de entrada o planta de emergencia, que absorbería la totalidad o parte de la carga, según las necesidades, o bien poner en servicio salidas de secundario selectivo ([*]). Las subestaciones suelen instalarse en casetas o cuartos de transformación, de acuerdo a las especificaciones descritas en el Capítulo II (Sección 2.7). En el Capítulo VI (Sección 6.3) se encuentra lo referente a subestaciones y su ubicación. En ciertos edificios altos es conveniente contemplar acometidas en alta tensión hasta la azotea, a fin de alimentar cargas grandes como equipos de aire acondicionado central, restaurantes, fuentes de sodas, salas de máquinas de gran capacidad correspondientes a grupos de ascensores, etc. En este caso deberán preverse montacargas especiales, o bien buscar los medios para trasladar un transformador que se dañe y el nuevo que haya necesidad de reponer.

La demanda de diseño de la subestación se calculará, tomando en cuenta lo establecido en el Capítulo VIII, sumando todas las cargas de iluminación de los apartamentos (para locales comerciales se hará aparte, pues cambian los factores de demanda), las tomas de uso general y aplicando los factores de demanda respectivos. Luego se hace lo mismo con las cargas especiales. La demanda del (TSG) se halla en base a la suma de la carga conectada, sin aplicar factores de demanda, pues no le corresponde, de acuerdo a las características de las cargas. La corriente de diseño se hallará sumando las demandas de apartamentos, (TSG) y locales comerciales; se obtiene aplicando lo indicado en el Aparte 6.6 del Capítulo VI.

Es necesario prever cierta reserva que puede oscilar alrededor del 10%, según criterio del proyectista. Con esta demanda se determina la capacidad de transformación en KVA, debiendo seleccionar el tamaño comercial, de valor igual o inmediato superior a la obtenida por cálculos. Con la corriente definitiva se determinará la corriente de diseño de la protección de alta y baja tensión. Para los efectos de obtener la capacidad de interrupción de cortocircuito, habrá que consultar a la Compañía de Electricidad, a fin de que suministre el dato del nivel correspondiente a la impedancia de cortocircuito en

[*] Se denomina secundario selectivo, a un circuito adicional que, por razones de confiabilidad del servicio, se diseña para alimentar un sistema de cargas, el cual se pondrá en servicio por medio de combinaciones de interruptores de transferencia.

el punto de entrega y definir la corriente de interrupción de los equipos de protección en alta y baja tensión, aplicando las técnicas del cálculo de cortocircuito. (*)

Los bancos de transformación serán seleccionados en base a su capacidad, tensión 13800/120-208V, en caso de trifásico o en banco monofásico de tres unidades de 13800/120-240V, 60Hz, si se trata de CADAFE, o bien la correspondiente al tipo de servicios de la Compañía de Electricidad. Se especificará el tipo de montaje, si es superficial o en poste, si la refrigeración será en aceite o tipo seco. En el caso de dos bancos en paralelo, los transformadores deberán tener iguales tensiones de primario, secundario y conexiones; por consiguiente, la misma secuencia de fase, impedancias porcentual y frecuencias iguales.

10.4 ACOMETIDA AL EDIFICIO RESIDENCIAL

Por el volumen de la demanda de diseño obtenida, se puede ver que la acometida y las exigencias de instalación son diferentes a la de una vivienda unifamiliar, la trayectoria de la misma y el punto de entrega por parte de la Compañía de Electricidad, será coordinado de mutuo acuerdo, así como también lo concerniente al cuadro de medidores. La alta tensión se llevará lo más cerca posible al centro de cargas para que los costos de conductores en baja tensión sean más bajos. Las tuberías irán en canalizaciones construidas según las normas de la Compañía de Electricidad. Se dejará igual número de tubos de reserva que los ocupados por los conductores a fin de facilitar trabajos de mantenimiento futuros. Se podrán utilizar tuberías plásticas PVC de diámetro de 4" o 5", espesor de paredes 2.2 mm recubiertas con concreto. Cuando la tubería deba pasar de embutida "a la vista" en cajas o tanquillas, se hará la transición correspondiente, continuando con tubería en Conduit metálico rígido roscado, de igual diámetro al anterior, fijada a paredes o techo. Si el servicio es en alta o en baja tensión, los conductores deberán tener igual sección desde el punto de entrega hasta el banco de transformación o cuadro de medidores respectivamente.

10.5 CUADRO DE MEDIDORES

En el Capítulo IV, Sección 4.5, se ha tratado en detalle las generalidades correspondientes al cuadro o tablero de medidores. A continuación se enfocará la concerniente al diseño de las instalaciones requeridas para su cabal operación y mantenimiento.

Conforme a las normas contra incendio vigentes, el cuadro de medidores debe ser instalado en un cuarto diseñado para tal fin exclusivamente. Una de las restricciones es que no debe estar ubicado en pasillos de circulación o escape, pues en caso de incendio del cuadro, éste entorpecería el desplazamiento de personas hacia la calle. Dentro del cuarto no deberá instalarse otros servicios, ni acumular basuras. Cuando se instalen en el edificio bombonas o tanques para servicio de gas colectivo, estos deberán guardar una distancia mínima del cuarto para medidores. Se han establecido 3.00 m para tanques hasta de 500 galones y, en caso de capacidad mayor, se deberá incrementar la distancia antes mencionada. El cuarto para medidores tendrá una puerta de dimensiones 1.00 x 2.10 m, de una sola hoja metálica entamborada, con cerradura. De vital importancia es la ventilación, la cual deberá lograrse en forma natural o artificial. Para la primera se instalarán dos ventanas, enfrentadas de tal forma que faciliten la circulación del aire.

Debido a la cantidad de conductores y conexiones acumuladas en un solo ambiente, las pérdidas por efecto Joule se hacen presentes; por tal motivo, a fin de prolongar la vida útil y prevenir posibles incendios, es indispensable que la ventilación se logre en forma efectiva. En caso de que las ventanas sean del tipo romanilla (formada por láminas superpuestas formando 30° aproximadamente con la vertical), deberán guardar como mínimo dos centímetros de separación entre ellas, a fin de facilitar el paso de aire fresco. Se recomienda, como una referencia, que el área de ventana será la corresponda entre el 12% y 15% del área interior del cuarto de medidores.

En caso de que la ventilación sea artificial, deberá consultarse a la empresa de servicio eléctrico, cuál es el procedimiento que ella considere más apropiado para lograrlo. Para obtener una ventilación

* La corriente de cortocircuito es necesaria para seleccionar las características de las protecciones por sobrecorriente en el sitio requerido. Véase en el Capítulo XI donde se obtiene, utilizando tablas y gráficos de WESTINGHOUSE (Apéndice A3, Gráficas N* 9. 10, 11 y 12)

forzada, se hace mediante la instalación de extractores de aire, que en ciertos casos se combinan con ductos que faciliten el desalojo del aire caliente y permiten la recirculación del aire en el interior del cuarto.

Cuando así lo amerite el tipo de cuarto de medidores, se procederá a la instalación de más de un extractor para lograr el cometido. En el caso de áreas comerciales grandes, como son los centros comerciales modernos, se suele combinar el funcionamiento de varios extractores, de tal forma que puedan trabajar según la variación de la demanda diaria.

El exterior del cuarto de medidores podrá ser acabado de tal forma que armonice con la arquitectura del lugar. Por la parte interior, el acabado de las paredes será con friso liso, al igual que el piso, con revestimiento de mortero de concreto. Las tuberías que alojarán los conductores en baja tensión de la acometida, entrarán al cuarto por el piso, sobresaliendo las mismas 20 cm, sobre su nivel. Ellas entrarán en el módulo respectivo, el cual se detallará más adelante.

Es de especial interés para el arquitecto proyectista, como para el ingeniero electricista que diseñará las canalizaciones eléctricas de un edificio, bien sea para fines residenciales, comerciales, etc., definir el área útil interior que ocupará el cuarto de medidores. Para ello habrá que basarse en las normas específicas que tienen al respecto las empresas de servicio eléctrico. No obstante, se dará a continuación los lineamientos generales necesarios para estimar el área requerida. En cualquiera de los casos se recomienda que, una vez realizada las estimaciones del área en cuestión, se someta a consideración y aprobación de la compañía del servicio respectivo. Es en ese momento que se pone en conocimiento a la misma del desarrollo habitacional que se va a construir en el futuro.

Para poder determinar el área útil horizontal del cuarto de medidores, habrá que obtener previamente el área vertical necesaria para ubicar en gabinetes la protección principal, las barras de fases-neutro, los medidores y las protecciones correspondientes a la compañía y al abonado.

Estos gabinetes ocuparán un área horizontal mínima, a ésta se le adicionará la requerida para circulación de personas, apertura y cierre de las puertas de los gabinetes.

Como paso inicial habrá que definir, según lo antes señalado, el área vertical. Cada empresa de electricidad posee una metodología para determinarla, pero la mayoría ha establecido el concepto de "espacio unitario". Estos son cuadrículas que oscilan entre 0.12 y 0.15 m^2; dimensiones 0.30 x 0.40 m por lados y 0.35 x 0.45 m, respectivamente.

En función de estos espacios unitarios, se definen las áreas verticales requeridas para alojar la protección, las barras de fases-neutro y todo lo demás.

Tomando como referencia los índices de las guías al suscritor, que ofrecen las Empresas C.A. Electricidad de Caracas, C.A. Luz Eléctrica de Venezuela y CADAFE, se pueden establecer los siguientes espacios para cada uno de los diferentes elementos del cuadro de medición que se indica en la Tabla XI. Es conveniente dejar un espacio de reserva, del orden del 10% del área vertical total obtenida, para cubrir cualquier necesidad futura.

TABLA N° XI
ESPACIOS REQUERIDOS PARA DIFERENTES ELEMENTOS DE UN CUADRO DE MEDIDORES

Descripción	Elementos	Espacios Requeridos
Apartamento residencial	Medidores	1
Local Comercial y Taller industrial hasta 17.5 KVA	Medidores	2
Local Comercial y Taller industrial de 17.5 KVA a 55 KVA	Medidores	3
Tablero de servicios generales de un edificio cada 15 KVA	Medidores	1
En edificio hasta 150 KVA de demanda	Interruptor principal	3

En edificios de 150–300 KVA de demanda	Interruptor principal	6
En edificios de más de 300 KVA de demanda	Interruptor principal	Gabinete con espacio vertical de 1.00 m^2
En edificio hasta 150 KVA de demanda	Barras de fases y neutro	2
En edificios de 150–300 KVA de demanda	Barras de fases y neutro	3
En edificios de más de 300 KVA de demanda	Barras de fases y neutro	4

Las empresas metalúrgicas fabricantes de cajas, gabinetes, etc., para módulos de medición y tableros, establecidas en Venezuela, han normalizado los tamaños de los espacios para cuadros de medición, previo acuerdo con las empresas del sector eléctrico, que distribuyen y venden energía eléctrica. Han definido unos módulos que contienen espacios para los medidores y protecciones secundarias, según se indica en la Tabla N° XII. También en la misma se indica los módulos requeridos para alojar barras de fases-neutro y protección principal.

Los dispositivos de corte del servicio eléctrico al suscriptor, suelen ubicarse en la parte superior de los módulos en una franja de 0.40 m de alto, por el largo de los mismos. La Empresa Electricidad de Caracas los coloca en forma lateral en módulo aparte.

TABLA N° XII
DIMENSIONES DE MÓDULOS PARA MEDIDORES E INTERRUPTORES

T-6	Módulo para 6 medidores	150	60	40	0.90
T-8	Módulo para 8 medidores	200	60	40	1.20
T-9	Módulo para 9 medidores	150	80	40	1.20
T-12	Módulo para 12 medidores	200	80	40	1.60
T-16***	Módulo para 16 medidores	200	100	40	2.00
T-A 2*	Módulo P/interruptores y barras	150	45	40	0.675
T-A 3*	Módulo P/interruptores y barras	200	45	40	0.90
T-A 4**	Módulo P/interruptores y barras	200	45	40	0.90
T-A 5*	Módulo P/interruptores y barras	200	60	40	1.20
T-A 6**	Módulo P/interruptores y barras	200	60	40	1.20

(*) Módulo de una puerta
(**) Módulo con dos puertas
(***) La Empresa Electricidad de Caracas utiliza módulos hasta con 12 unidades.
Fuente: Catálogo de Metalúrgica Orión. Pág. 11.

En la Figura N° 65 aparece ilustrado un cuadro de medidores que contiene los módulos requeridos para alojar los componentes necesarios que forman el mismo.

Los cuadros de medidores, por lo general, se forman por módulos que pueden ser individuales o ensamblados unos con otros. La profundidad mínima requerida por las empresas de electricidad es de 30 cm; pero, como puede verse en la Tabla N° XII, la fabricación de los mismos se hacen (según este proveedor) para una profundidad de 40 cm. Las dimensiones de ancho y largo se obtendrán por medio de los cálculos requeridos en base al número de suscritores y servicios del edificio.

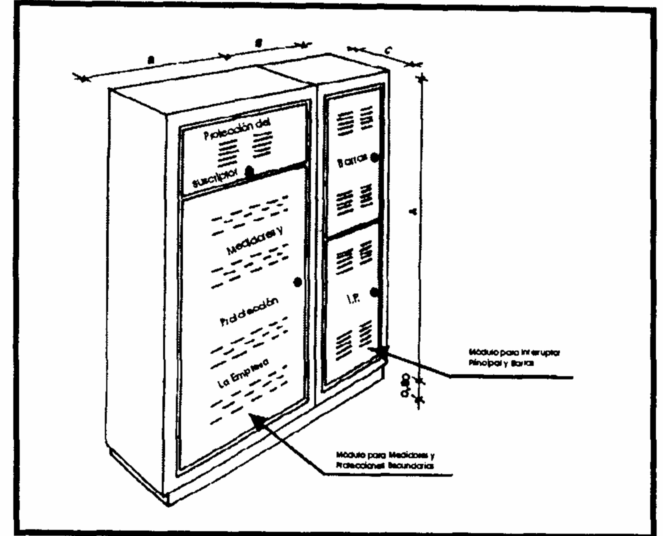


Figura N° 65. Esquema de módulos para medidores, interruptores y barras (correspondiente a uno indicado en Tabla N° XII).
Fuente: Catálogo de Metalúrgica Orión. Pág. 11.

Es importante tener presente que se preferirá que todas las protecciones sean del tipo automáticos termomagnéticos, a fin de evitar molestias a los usuarios y facilitar a la empresa de servicio eléctrico los trabajos de operación y mantenimiento. Cabe destacar también, la importancia que tiene una buena coordinación de las protecciones, tanto a lo que se refiere a su capacidad de corriente, como de corto circuito. Se prestará especial interés a lo que corresponda al tablero de servicios generales respecto a los antes señalado.

Conforme a las características de cada edificio, tendrá que contemplarse el diseño del cuadro de medidores. En aquellos casos en que el número de apartamentos sea muy elevado, por encima de 30 suscritores o más de 300KVA de demanda, es conveniente dividirlos en grupos de módulos con un máximo de 32 medidores. Habrá un interruptor general principal, en módulo exclusivo con sus barras.

De allí partirán los alimentadores a cada grupo de módulos, los que también contendrán un interruptor principal y las barras correspondientes al grupo de medidores y protecciones secundarias. El número máximo recomendado será de 32 suscritores en cada uno. En la Figura N° 66, se ilustra el caso de un edificio que contiene 97 medidores, los que corresponden a 96 suscritores y al del tablero de servicios generales del edificio (TSG), además del (TSP).

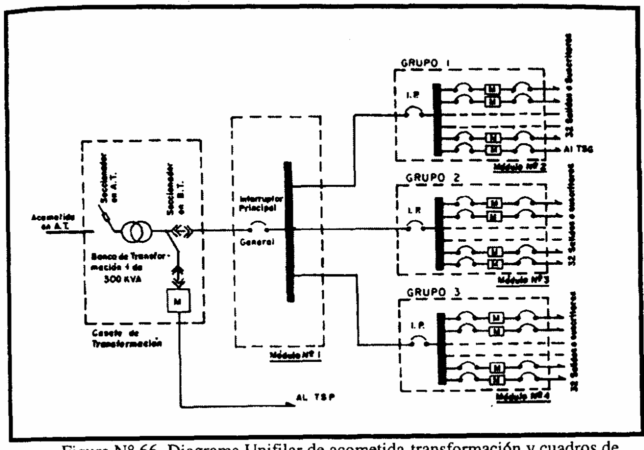


Figura N° 66. Diagrama Unifilar de acometida-transformación y cuadros de medidores para edificio con 96 suscritores.

Caseta de Transformación: Formada por seccionador, transformador y medición del TSP.

Módulo N° 1. Formado por modelo individual aislado. Contiene protección principal general y barras de fase principales.

Módulo N° 2. Formado por tres módulos. Uno conteniendo la protección general del módulo y las barras de faseneutro, otro con los medidores y protecciones de la compañía y el tercero con las protecciones que manipularán los suscritores.

Módulo N° 3. Igual contenido al N° 2 pero sin TSG.

Módulo N° 4. Igual contenido al N° 2 pero sin TSG.

10.5.1 Ejercicio práctico.

A continuación se ilustrará el procedimiento para obtener el área de un cuarto de medidores en base a un ejemplo numérico.

Determinar el área de un cuarto de medición de un edificio residencial, para alojar los módulos para los medidores correspondientes a: 16 suscritores, dos locales comerciales de 15 KVA de demanda en cada uno, el tablero de servicios generales del edificio con una demanda de 45 KVA y la del conjunto residencial de 240 KVA.

El diagrama del cuadro de medición se ilustra en la Figura N° 67.

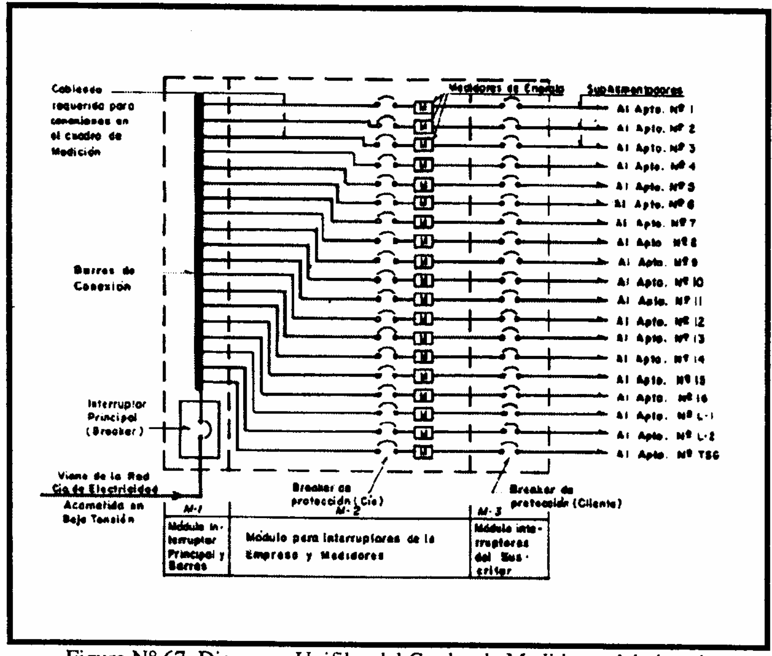


Figura N° 67. Diagrama Unifilar del Cuadro de Medidores del ejemplo de la Sección 10.5.1

10.5.1.1 Determinación del área vertical y horizontal requerida

Para los efectos de obtener los datos necesarios se hará uso de la Tabla siguiente:

TABLA N° XIII
DETERMINACIÓN DE ESPACIOS UNITARIOS

Descripción	Unidades	Espacio/Unidad	Espacios
Apartamentos	16	1	16
Locales comerciales (15 KVA)	2	2	4
Tablero de servicios generales 45 KVA	1	$\frac{45\times 1}{15}$	3
Interruptor principal (P/240 KVA)	1	6	6
Barras de fase y neutro (P/240 KVA)	1	3	3

a) Módulo para Medidores:

Espacios = 16 + 4 + 3 + 10% Reserva = 25.3 = 26
Asumiendo un área / espacio = 0.15 m^2 se tiene:
Área vertical requerida = 26 x 0.15 = 3.90 m^2

Según datos de la Tabla N° XII, con dos módulos N° T16, de 200x 100x40 Cm (Área = 2.00 m^2 c/u), se logra la solución adecuada.

Estos módulos ocupan un área horizontal de:
AH1 = 0.40 (1.00 + 1.00) = 0.80 m^2

b) Módulo para barras y protecciones:

Espacios = 6 + 3 + 10% Reserva = 9.9 = 10

Asumiendo un área/espacio = 0.12 m^2 se tiene:

Área vertical requerida = 10 x 0.12 = 1.20 m^2
Según datos de la Tabla N° XII, con un módulo N° TA6, de 200x6Ox40 Cm (Área = 1.20 m^2), se logra la solución que satisface las condiciones obtenidas por cálculo.
Este módulo ocupa un área horizontal de:

AH2 = 0.40 x 0.60 = 0.24 m^2

Por consiguiente, el área total que ocupan los módulos será:
AHT = AH1 + AH2 = 0.80 + 0.24 = 1.04 m^2

El largo requerido total será de 2.60 m y el ancho de 0.40 m. Tomando en cuenta que habrá que dejar el espacio necesario para abrir las puertas de los módulos y la del cuarto también, se adoptará un cuarto de 3.00 x 2.00 m por 2.60 m de alto. La disposición y ubicación de los equipos se muestran en la Figura Nº 68.

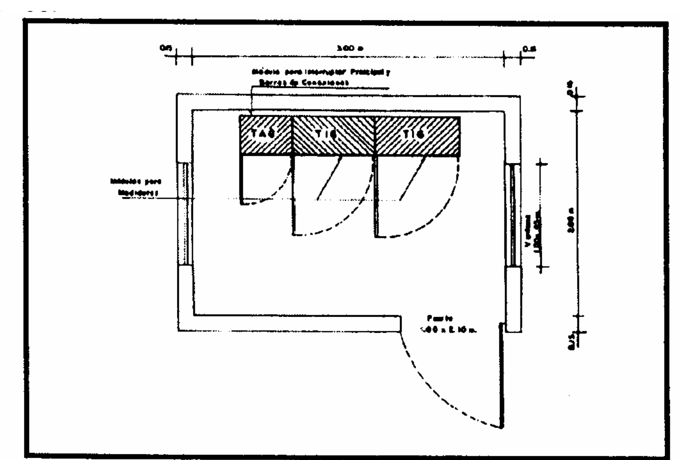


Figura N° 68. Croquis del Cuarto de Medición. Solución del ejemplo propuesto. Escala 1:30.

El área de ventilación se obtiene de la forma siguiente:

Área del cuarto = 2.00 x 3.00 = 6.00 m^2

Área de ventanas = 6.00 x 15/100 = 0.90 m^2
Área de c/ventana = 0.90/2 = 0.45 m^2

Se escogerán dos ventanas de 0.45 m de alto por 1.00 m de largo, para satisfacer las necesidades adecuadas de ventilación.

10.6 INSTALACIÓN DE OTROS SERVICIOS EN EDIFICIOS

En esta sección será tratado lo concerniente a la instalación de otros servicios eléctricos y también de comunicaciones en edificios residenciales.

10.6.1 Sistema de puesta a tierra

Para lograr un sistema de aterramiento conforme a las necesidades, es recomendable instalarlo en el momento en que estén construyendo las fundaciones del edificio. A nivel de vigas de riostra (preferentemente a 1.00 m por debajo del nivel del piso acabado), se instalará, en zanja de 0.20 m de ancho, el cable desnudo de cobre alrededor de todo el edificio, atravesando el cuadro en forma de cruz, con conductores soldados entre sí. De esta malla, irán soldadas las barras de tierra necesarias en las esquinas, para llevar la resistencia a tierra al valor mínimo recomendado por el CEN, en la Sección 250. También es aconsejable observar las exigencias hechas para la instalación en el Capítulo IV, Sección 4.6, de este libro de texto. A esta malla serán conectadas todas las tuberías metálicas para aguas blancas, negras y de otros servicios. En cazo que el edificio posea columnas o estructura metálica en sus bases, éstas serán también conectadas solidamente a tierra. Así mismo se procederá a conectar el cuadro de medidores, el tablero general, la carcaza de transformadores, protecciones y soportes. Debemos incluir también el sistema mecánico eléctrico de los ascensores, montacargas y otras cargas del tablero de servicios generales. Se pueden conectar a la malla los postes y faroles de alumbrado de parques, jardines y el sistema de comunicaciones que así lo requiera. En cambio, no debe conectarse a la malla de tierra, el sistema de pararrayos y guardar una distancia mínima de 1.80 m entre conductores o fosa de descarga.

10.6.2 Sistema de pararrayos

Cuando se construye una edificación de cualquier tipo, ésta se hallará expuesta a las inclemencias del tiempo, y podrán deteriorarse quedando huellas conforme a la ubicación geográfica del mismo. Uno de los aspectos que ofrece cierto riesgo para el inmueble son las tormentas atmosféricas. Analizando el fenómeno atmosférico relativo al rayo o descarga eléctrica, ésta se produce por la carga (+) que la tierra va acumulando; cuando pasa una nube (-), forma un condensador que, dependiendo de la distancia y la carga acumulada, se producirá la descarga violentamente. En el 99% de los casos, la descarga se produce de la tierra hacia la nube. El proceso se produce en un tiempo muy corto y la sobretensión es del orden del 10 hasta 200 millones de voltios, dependiendo de la distancia tierra-nube y la carga acumulada.

Los edificios, tales como iglesias aisladas, campos, piscinas, áreas correspondientes a orillas de lagos, árboles aislados, cumbres de colinas, etc., ofrecen un gran riesgo a los rayos. Considerando otro aspecto de las características del material componente de la edificación a proteger, se trata de que cuando los materiales son malos conductores tales como: de madera, ladrillos, bloques de arcilla, concreto, mampostería en general, etc., el rayo hará estragos, pues se quemará todo a su paso, destruyéndole o agrietando y creando fisuras que pueden ser graves. En caso de materiales conductores conectados a tierra, pueden eventualmente sufrir ciertos daños al entrar y salir la descarga, pero de menor importancia.

A fin de salvaguardar la vida de las personas, se recomienda lo siguiente: No exponerse en caso de tormenta al aire libre. Buscar en esas circunstancias refugio bajo estructuras o edificios, residencias protegidas con pararrayos, automóviles o autobuses, barcos o similar de tipo metálico.

El objeto de instalar pararrayos en edificios es ofrecer protección al inmueble contra el rayo, producto de una descarga eléctrica, derivada de una tormenta atmosférica, que venga o vaya hacia tierra.

La protección que debe ofrecer es con el fin de salvaguardar las personas, los inmuebles y también inmuebles contenedores de gases o líquidos inflamables o explosivos; para ello se fijarán los criterios cuando sea necesario y la forma en que deberá ser instalado un sistema de pararrayos en el inmueble.

Antes de proceder a diseñar un sistema de pararrayos para un edificio, habrá que hacer un sondeo en la zona y realizar un estudio de sus características, observando las tormentas en magnitud, frecuencia y ubicación del edificio con respecto a otros de igual o mayor altura. El riesgo depende también de si el edificio está libre de otras construcciones; en ese caso se justifica plenamente. Un pararrayo, por lo general, protege el volumen de un cono de 30° entre la vertical y las aristas del edificio. Si el inmueble a proyectar está dentro de ese volumen, protegido por un edificio vecino, no habrá necesidad de instalarlo; en cambio, si está fuera, debe instalarse.

A los efectos de cuantificar el riesgo y, en base a ello, definir cuándo es conveniente instalar o no un sistema de pararrayos en un inmueble, se esboza a continuación un método (*).

Se define el índice de riesgo como lo siguiente:

$$Ir = A + B + C + D + E + F + G$$ (**)

Cada uno de los términos anteriores son índices parciales que toman en cuenta lo siguiente:

* Contenido en la Norma COVENIN Nº 599-73. Págs. 8 a la 12 inclusive.

** Para Ir de 30, la protección es opcional. Para Ir entre 30 y 60, se recomienda instalar protección. Para ir mayor de 60, la protección es indispensable

A: Uso al que se destina la estructura B: Tipo de construcción
B: Contenido e importancia por efectos secundarios
C: Grado de aislamiento
D: Tipo de región o terreno
E: Tipo de región o terreno
F: Altura de la estructura
G: Número de tormentas por año

Los valores de los índices señalados, se podrán obtener en el Apéndice "A6", Tablas contenidas en la Norma COVENIN N° 599-73, las cuales están contenidas en "The Protection of Structures Against Lightning". British Standard Code of Practice. CP. 326:1965.

10.6.2.1 Ejercicio práctico para obtener índice de riesgo

Con el fin de ilustrar la obtención del índice de riesgo (I_r), se planteará el ejemplo siguiente:

Se trata de un edificio residencial de 10 pisos, de 32 m de altura, ubicado en Valencia (nivel alrededor de 500 m sobre el nivel del mar), con estructura de concreto, paredes de bloques de arcilla y frisado con mampostería, ubicado en área donde hay pocos inmuebles de su tamaño. Determinar el índice de riesgo (I_r).

Según las tablas de la norma antes señalada se obtiene lo siguiente:

A: 7 (Para edificio residencial)
B: 2 (Edificio de concreto, paredes de bloques de arcilla)
C: 2 (Edificio residencial)
D: 5 (Área con pocos inmuebles de su tamaño)
E: 8 (Altura sobre el nivel del mar entre 300 y 1000m)
F: 16 (Altura del edificio entre 30 y 38 m)
G: 11 (Días de tormentas en el año, 12 estimado)

Luego:

$Ir = 7 + 2 + 2 + 5 + 8 + 16 + 11 = 51$

Resultando entre 30 y 60. "Por consiguiente es recomendado instalar protección con pararrayos".

Si resultara que, por ejemplo, los días de tormenta fueran más de 20, G valdría 21 e I_r pasaría a valer 61, por lo cual, sería **"obligatorio instalar"** sistema de protección con pararrayos.

10.6.2.2 Características de los sistemas de pararrayos

Existen en el mercado venezolano, dos tipos de pararrayos disponibles, que son: El de punta metálica, y el de más reciente salida al mercado, conocido como "Tipo Radioactivo". Este último no es aconsejable, por no estar recomendado en la Norma COVENIN 599-73, pues no se halla probada su efectividad respecto al primero y tradicional tipo de pararrayo. Además no está reglamentado respecto al riesgo que significa el manejo de sustancias radioactivas en la punta, con relación a personas o cosas.

El pararrayo de punta posee en la misma una esfera de bronce con cuatro puntas de platino. En algunos de los casos se usa tungsteno, que facilitará la salida de la electricidad por las puntas.

La esfera está fijada a un cuerpo de hierro galvanizado tipo barra, que la sostiene y no conduce la corriente. El pararrayo debe estar sostenido sin vientos, manteniéndose autosoportado a

la base. El conductor de bajada se sujeta, soldado y fijado con conector de tornillo, a la esfera emisora-colectora de rayos. De allí descenderán los bajantes de cables, por las aristas del edificio, preferentemente lejos de ventanas y a 10 cm de las paredes, soportado por aisladores de porcelana, tipo carrete.

Podrá haber ramales secundarios que aterrarán partes escogidas del edificio, que serán conectados a los bajantes principales, por medio de soldadura tipo "Cadweld" o similar.

El número mínimo de bajantes que deberá haber en todoedificio, torre u objeto a aterrar, será de dos (2) y cada uno estará conectado al punto de tierra correspondiente. Para los fines de determinar el número de bajantes en cualquier edificación, se tomará como elemento determinante en la selección el "perímetro de la base", o sea, el que resulte a nivel de planta baja o cota del terreno. El perímetro mayor de 75 metros lineales será como punto de partida o referencia, a saber:

a) Para los perímetros menores de 75 m lineales.

Número de bajantes = 2

b) Para los perímetros mayores de 75 m lineales.

Número de bajantes = 2 + 1 bajante adicional por cada 30 m o fracción de perímetro.

Según Norma COVENIN N° 599-73 para los bajantes de cable de cobre (de uso recomendado preferentemente), el calibre del mismo será el correspondiente al que posea 279 gramos por metro lineal, formado con hilos de calibre mínimo N° 17.

Según las tablas de la empresa ICONEL (fabricante de cables en Venezuela), producen ellos un cable calibre N° 2, de cobre cableado de 304.9 gramos/m, formado por 7 hilos de diámetro 2.474 mm cada uno. Los ramales secundarios podrán ser de cable cableado de cobre, calibre N° 6, como mínimo.
Según el Manual del MTC (hoy MINFRA), el calibre recomendado por ellos es el N° 1/0 de cobre, con 9 hilos.

En algunos casos que así se requiera, se podrá usar aluminio combinado en partes, donde sea necesario, con cobre. Para ello se utilizarán los empalmes bimetálicos adecuados, tratando de reducir al mínimo el número de los mismos.

Los bajantes al llegar a tierra, irán cada uno a su respectiva fosa de dos metros de profundidad, donde se conectará el cable solidamente a unas barras de cobre Copperweld, de 2.44 m x 5/8 plg de diámetro. Se le agregará carbón y sal a las fosas, para facilitar el paso de la corriente, bajando el valor de la resistencia a tierra, valor que deberá mantenerse en el orden entre 5 y 10 Ohmios. El terreno húmedo facilitará la operación; para ello se colocará en la fosa un embudo y un tubo, para que cada tanto, se haga correr el agua hacia la fosa.

10.6.3 Sistema de teléfonos

Desde la red la Compañía Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV), comenzará la canalización para el servicio telefónico. Según lo establece, la empresa estadal en su publicación. ([*])

Toda instalación de una acometida telefónica a una vivienda o conjunto residencial, está compuesta por obras civiles que ejecutará el o los suscritores. Las obras eléctricas, básicamente suelen estar compuestas mayoritariamente por cables telefónicos; los instalará CANTV, previo pago del presupuesto correspondiente por parte del cliente.

[*] CANTV. Guía para Instalaciones Telefónicas Privadas. Caracas, Septiembre 1971.

Las obras civiles de la acometida telefónica, deberán construirse a partir de la tanquilla más cercana al edificio. Si se trata de una tanquilla tipo "A" de: 1.20 x 0.50 x 1.00 m, medidas interiores, ésta puede servir para derivar un cable de hasta 200 pares telefónicos. De la misma partirán dos tuberías diámetro 4" de plástico PVC, ubicadas en zanjas, recubiertas con concreto y tierra compactada, llegando a otra tanquilla a la puerta o punto de acceso al edificio. Según el número de pares la tanquilla será tipo "A", antes señalada, o "B" de: 0.60 x 0.50 x 1.00 m, dimensiones interiores. Desde allí continúa la canalización con iguales características hasta la "Caja de Distribución Principal", denominada FXB. Las dimensiones de la misma se indican en la Tabla N° XIV y sus características constructivas están definidas en la norma correspondiente de CANTV. Dentro de la misma se dispondrán de regletas terminales con cabida necesaria de acuerdo al número de pares telefónicos previstos según la cantidad de suscritores, más cierta reserva. También su tamaño puede estar de acuerdo al correspondiente del cable que llega de la red, normalizado por CANTV.

TABLA Nº XIV
DIMENSIONES EN CENTÍMETROS PARA CAJAS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (FXB)

No. De Líneas Telefónicas	Ancho	Alto	Profundidad
De 5 a 20	60	80	20
De 21 a 50	80	100	20
De 51 a 100	90	130	20
De 101 a 200	150	150	20

Fuente: catálogo de Metalúrgica ORIÓN. Pág. 19.

Desde el FXB se instalará una canalización que llevará los pares telefónicos en "Forma Directa" o sea, un par de alambres desde la caja de distribución principal hasta el apartamento del abonado. También podrá ser en "Distribución Radial Simple", que contempla cables multipares que llegan a unas regletas, ubicadas en cajas de paso denominadas "Cajas de Distribución Intermedia" (CDI). De allí saldrán cables de un par hasta el apartamento del suscritor.

En el último piso se instalará una "Caja de Distribución Final" (CDF). El tamaño de las cajas de distribución intermedia o final están indicados en la Tabla N° XV a continuación:

TABLA N° XV
DIMENSIONES EN CENTÍMETROS PARA CAJAS DE DISTRIBUCIÓN CDI O CDF

No. De Líneas Telefónicas	Ancho	Alto	Profundidad
De 2 a 10	30	40	15
De 11 a250	40	50	15
De 21 a 30	50	60	15
De 31 a 50	80	100	20
De 51 a 100	90	110	20

Fuente: Norma CANTV, Diciembre 1970.

Dentro de cada apartamento, la distribución de los cables telefónicos se hace igual a una vivienda unifamiliar, descrita en el Capítulo anterior.

Dentro de un edificio a nivel de anteproyecto, se deberá prever un ducto o espacio necesario para ubicar las tuberías que alojarán a los cables telefónicos. Se suele diseñar a veces un ducto, como mínimo, para servir a un edificio con seis apartamentos por piso. En el caso de que haya más unidades de vivienda por piso, se estudiará la posibilidad de prever dos ductos o más, conforme a la ubicación y distribución de los apartamentos en cada piso. En la fosa o ducto las tuberías para servicio telefónico, si están próximas a otros de servicio de electricidad, guardarán una distancia mínima con ellas de 50 centímetros, separadas por un tabique de mampostería, a fin de evitar la unión física de las mismas. También debe observarse en un edificio

residencial, que la canalización telefónica será de uso exclusivo para este tipo de servicio, no permitiéndose dentro de la misma, cables de potencia, control, portero eléctrico, antenas de TV, radio, sonido, etc. Según lo establece las Normas de CANTV y el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.

Para la selección de los diámetros de tuberías se utilizará la información contenida en la Tabla N° XVI para cables telefónicos formados por hilos de alambre calibre N° 18 AWG.

TABLA N° XVI
SELECCIÓN DE DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA CABLES DE UN PAR TELEFÓNICO

No. de Pares Telefónicos	Diámetro de Tubería en Pulgadas
1	½”
2 a 4	¾”
5 a 8	1”
9 a 18	1 ½”
19 a 33	2”
34 a 75	3”

Fuente: CANTV Guía para Instalaciones Telefónicas Privadas. Pág. 31.

Cuando se trate de cables telefónicos multipares el diámetro de la tubería se seleccionará según la Tabla Nº XVII.

En Capítulos anteriores se hizo referencia a este tipo de cable denominado en el mercado como tipo "TDI". Para este cable telefónico, suele emplearse alambre de calibre N° 24.

TABLA N° XVII
SELECCIÓN DE DIÁMETRO DE TUBERÍAS PARA CABLES TELEFÓNICOS MULTIPARES (TDI)

Nº de Pares telefónicos	Número Máximo Cable Multipar en Tubería					
	¾”	1”	1 ½”	2”	3”	4”
2	3	6	-	-	-	-
3	2	3	9	-	-	-
4	2	3	8	-	-	-
6	1	2	6	-	-	-
8	1	2	6	-	-	-
10	1	1	4	7	-	-
15	-	1	3	6	-	-
21	-	1	2	4	10	-
30	-	-	1	3	7	12
50	-	-	1	1	4	7
100	-	-	-	1	3	5

Fuente: CANTV Guía para Instalaciones Telefónicas Privadas. Pág. 33.

En la Figura N° 69 se ilustra en un esquema vertical, la disposición y características de diseño de los componentes de una canalización telefónica para un edificio residencial, compuesto de: Planta baja con 2 locales comerciales y conserje. Cinco plantas tipo con 5 apartamentos por piso y en el piso N° 6, dos pent-houses.

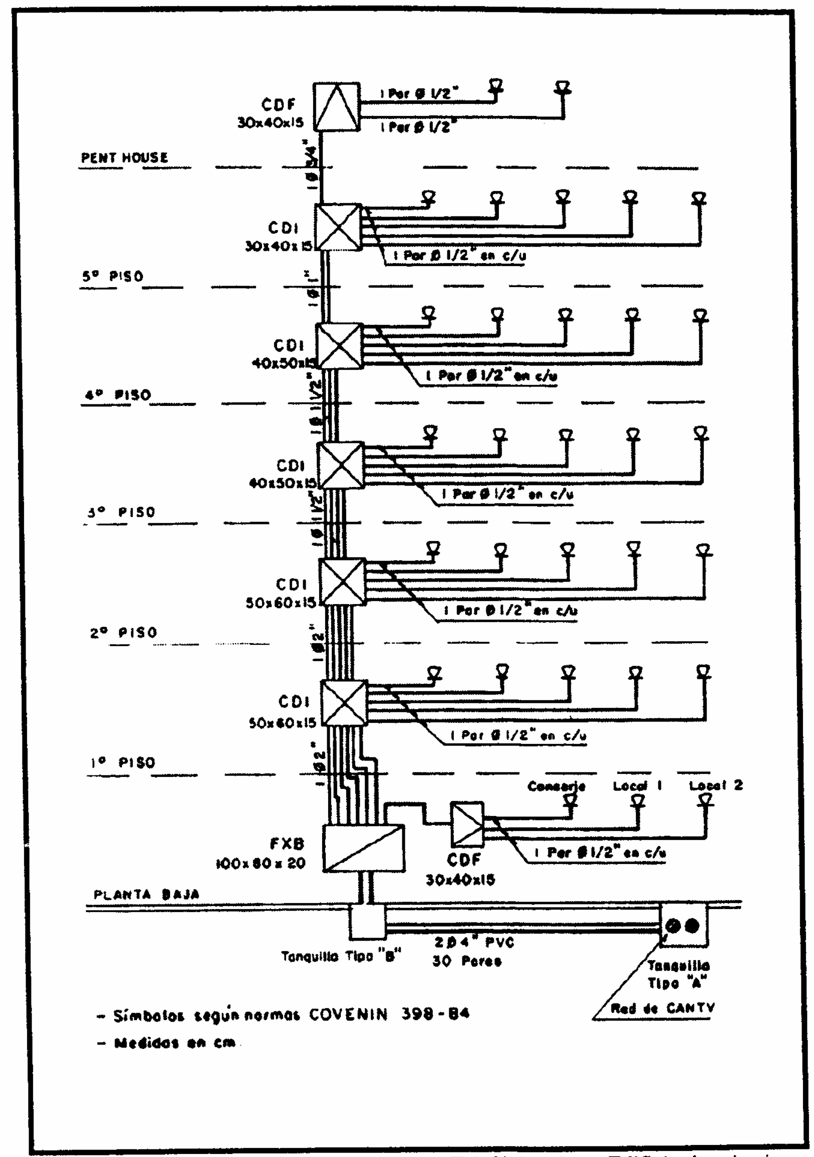


Figura N° 69. Diagrama Vertical del Sistema Telefónico de un Edificio de seis pisos

10.6.4 Portero eléctrico

Es la combinación de un sistema de timbre con teléfono de tipo interno. Algo al respecto se ha tratado en el Capítulo IX.

En casi todos los edificios de primera y segunda categoría, se instalan equipos de este tipo para que se identifique al visitante, y se dé la señal acústica necesaria para abrir la puerta de entrada principal del edificio. Está compuesto de un sistema magnético que, por lo general, trabaja entre 8 y 12 V, utilizando una fuente de 120V y un transformador apropiado. Las puertas y cerraduras son de modelos variados, con o sin bloqueo, para uso interior. La canalización constará de una caja de dimensiones apropiadas ubicadas en pared junto a la puerta de entrada, donde se alojará el radio receptor y botones pulsadores, uno para cada apartamento. La distribución será similar a la de teléfonos, debiéndose observar los mismos cuidados y detalles a fin de evitar interferencias y fallas en el servicio.

10.6.5 Sistema de detección y alarma contra incendio

Este sistema tiene por objeto, en caso de incendio, informar oportunamente a una central de alarma, la cual estará ubicada por lo general en área de planta baja, cerca de los servicios eléctricos. Este aviso se hace con el fin de combatir el fuego y avisar a los habitantes a tiempo, para proceder a salir por los medios de escape más expeditos. Con esto se evitarán daños mayores y pérdidas de vidas humanas. La reglamentación vigente se encuentra en el Decreto 46, emanado de la Presidencia de la República. Dicha norma reglamenta la construcción de instalaciones eléctricas en edificios, según lo establece el CEN, COVENIN 200. En caso de emergencia por incendio, el edificio tendrá siempre un servicio de emergencia o preferencial, compuesto de acometida e interruptor independiente, conectado antes del interruptor principal en baja tensión del edificio (Véase Figura N° 66). Deberá también servir a las cargas agrupadas en el Tablero de Servicio Prioritarios (TSP), el cual estará ubicado en un sitio estratégico. La acometida se hará en 120/208V con tres fases neutro y tierra, con tuberías Conduit galvanizado subterráneo, recubierto con concreto. El TSP alimentará las cargas siguientes:

Bombas de agua contra incendio.
Alumbrado de vías de escape (Pasillos, escaleras).
Salida para tablero de detección y alarma contra incendio.
Ascensor preferencial (uno).
Ventilación forzada en fosa de ascensor y escaleras.

El TSP quedará cerca de la entrada del edificio, no deberá obstaculizar las vías de escape, lejos de depósitos de basura, tuberías de gas o de materiales combustibles. Nunca en pasillos junto a escaleras. La bomba contra incendio estará ubicada junto al tanque de agua subterráneo. El motor de la bomba no llevará protección contra sobrecarga. La selección del circuito se hará de acuerdo a lo establecido en el Capítulo VII e irán alojados en tubos Conduit galvanizados, subterráneos en concreto. Respecto a la iluminación de emergencia es costumbre instalar en pasillos y escaleras luminarias con dos reflectores tipo "par 38", alimentados con baterías recargables, conectadas a tomas de uso general de circuito proveniente del TSG.

Los demás servicios que componen el sistema de Detección alarma y extinción de incendios es objeto de un proyecto aparte, que tiene poca incumbencia con la parte de electricidad, salvo lo antes señalado. El proyecto lo podrá hacer el ingeniero electricista, mecánico o civil según lo asigne el coordinador o propietario.

10.6.6 Servicio de antena colectiva de televisión

A fin de evitar la proliferación de antenas individuales en edificios residenciales, lo cual afecta el aspecto estético, se instalará en la azotea una antena colectiva para todos los apartamentos. El sistema contará de un mástil con antenas individuales y un amplificador de señal de banda ancha para cada canal, una etapa mezcladora y una caja de distribución con regletas para conexión de cables coaxiales de antena y sus respectivos adaptadores para cada apartamento. La canalización requerida para la distribución del cable de antena se hará de forma análoga a la de teléfonos, utilizando tuberías plásticas o EMT de diámetro suficiente como para alojar los cables requeridos. No se ocuparán las tuberías más allá del 30% de su sección recta, a fin de facilitar el cableado y no dañar el aislamiento protector. La canalización llegará a cada apartamento donde habrá una caja de 10x10 cm y, desde allí, se distribuirá internamente por el mismo hasta donde se requiera el servicio en tubería 1 Ø ½” EMT y salidas en cajetines de 5 x 10 cm.

En caso de que el edificio requiera de una antena parabólica, la canalización requerida para este sistema es análoga a la antes descrita, solo variarán las características de la antena respecto a la convencional y sus componentes apropiados. Todo dependerá si la instalación es para una vivienda o un edificio residencial. Por causa de la apertura que ha habido recientemente en el campo de las comunicaciones, han aparecido servicios especiales como el Internet, Correo electrónico, etc., suministrados por diferentes vías y empresas especializadas en medios de comunicación, para lo cual

habrá que estar preparado para suministrar la canalización apropiada al servicio que se instale. Para cualquiera de los casos, se recomienda consultar con el proveedor o empresa que provea el sistema de comunicaciones que se desee instalar.

CAPITULO XI

DISEÑO DE LAS CANALIZACIONES RESIDENCIALES MULTIFAMILIARES

A lo largo de este libro, se han visto en forma descriptiva la gran mayoría de los componentes de las canalizaciones para servicios eléctricos, telefónicos y de otros que tienen que ver con los antes mencionados, ya sea complementando o respaldando los anteriores. Se ha visto en los Capítulos IX y X otros servicios de comunicaciones que en el mundo actual se consideran indispensables. Todos se han esbozado de alguna forma, ya sea someramente o en forma detallada, ilustrados con algunos ejemplos concretos, casos que se presentan en la vida práctica de un ingeniero electricista y profesionales afines.

En este Capítulo, se ejemplificarán los criterios y lineamientos señalados en el Capítulo X con ejercicios prácticos, a fin de obtener, mediante el cálculo aplicado, aquellos elementos de una canalización eléctrica que se consideran de mayor importancia. Por tal motivo, se diseñarán los componentes del servicio de energía eléctrica para edificios residenciales tales como, subestación de transformación, tableros generales, tableros de servicios generales, alimentadores en alta y baja tensión, subalimentadores a tableros de los suscritores y otros elementos que se consideran de interés para el proyectista.

11.1 EJEMPLO N° 1

Determinar los componentes de la canalización eléctrica de un edificio tales como:

Subalimentador a cada apartamento y al del conserje
Circuitos ramales para servicios generales
Subalimentador del tablero de servicios generales
Tablero de servicios generales
Circuitos ramales del tablero de servicios prioritarios
Subalimentador del tablero de servicios prioritario
Tableros de servios prioritarios
Alimentador en baja tensión
Protección general en baja tensión
Capacidad de transformación requerida en subestación
Protección en alta tensión

Las características del edificio son las siguientes:

Se trata de un edificio residencial de interés social (Categoría N° 3) de 20 apartamentos, con un área de 80 metros cuadrados, dispuestos de a cuatro en cada piso a partir del primero. Cada apartamento tendrá refrigeradora, equipo de lavadora de ropa, plancha, calentador de agua de 30 litros y un aparato de aire acondicionado de ¾ HP. El edificio dispondrá de dos ascensores con capacidad para ocho personas y una velocidad de desplazamiento de 1,3 metros/seg, un sistema hidroneumático, compuesto de dos motores de 7,5 HP trifásicos 208V, que marcharán en forma alternativa, o sea, que siempre habrá uno de reserva. Un sistema de ventilación forzada, para la fosa de ascensores y escaleras (exigida por las Normas contra incendio), de 15 HP, trifásicos 208V. Una bomba contra incendio de 25 HP, trifásicos 208V. Una carga consistente en iluminación de pasillos y áreas verdes de 4500W repartida en tres fases. Un motor de un HP, trifásico 208V, para abrir o cerrar un portón del estacionamiento de vehículos de los usuarios del edificio. El apartamento del conserje, estará ubicado en planta baja y tendrá 60 metros cuadrados. Se asume que contendrá los mismos artefactos eléctricos que los demás apartamentos, exceptuando el equipo de aire acondicionado. El factor de potencia general será del 95%. Las tuberías para los subalimentadores serán metálicas y los conductores de cobre, aislamiento TW para 600V. La distancia horizontal a recorrer en planta baja será de 10 metros y en cada piso 13 metros. La caída de tensión en los subalimentadores será del 2%. La distancia entre placas de cada piso se asumirá en tres metros. Para el apartamento del conserje, la distancia del subalimentador será de 15 metros.

El alimentador principal será de cobre, aislamiento TTU para 600V., en tuberías plásticas PVC y con longitud de 20 metros, permitiéndose una caída máxima de tensión del 1 %.

SUBALIMENTADORES DE LOS APARTAMENTOS TIPO Y DEL CONSERJE.

Los circuitos ramales para los apartamentos tipo, no se determinarán en este ejercicio, pues ha quedado ilustrado su procedimiento en el Capítulo IX, Sección 9.10.

ESTUDIO DE CARGAS PARA EL APARTAMENTO TIPO

	Carga en vatios (W)	
	Fases	Neutro
- Cargas de Iluminación (80m^2 x 30W/m^2)	2.400	2.400
- Tomas de uso general (2 x 1.500 W)	3.000	3.000
- Cargas Lavandero	1.500	1.500
	6.900	6.900
Aplicando Factores de Demanda (Tabla 220-11 CEN)		
- Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
el resto: (7.050-3.000) al 35%	1.365	1.365
- Demanda Iluminación	4.365	4.365
- Calentador de agua	800	800
- Refrigeradora pequeña	300	300
- Aire Acondicionado	1.600	-0-
- Circuito Adicional	600	600
- 25% del motor mayor (0,25 x 1600)	400	-0-
Demanda Total:	**8.065**	**8.065**

Capacidad en amperios del subalimentador:

Fases: 8.065 ÷ 208 = 38.77 Amp.

Neutro: 6.065 ÷ 208 = 29.16 Amp.

Conductores requeridos por capacidad de corriente:

Fases: 2 # 8 Cu –TW

Neutro: 1 # 10 Cu –TW

Conductores seleccionados por caída de tensión:

En este caso, habrá que considerar las distancias en que se encuentran cada uno de los apartamentos y específicamente la concerniente a la del tablero general (cuadro de medidores), hasta el tablero del apartamento considerado. Desde el cuadro de medidores hasta el ducto de subida, que contiene las tuberías que llevan los subalimentadores a cada apartamento, se considerará una distancia horizontal D_I. Luego vendrá una vertical, que será variable D_2, y finalmente una tercera, que corresponderá a la distancia de la salida del ducto hasta el tablero del apartamento considerado D_3. Por consiguiente la distancia total resultará ser:

$DT = D_1 + D_2 + D_3$

Aplicando los datos del problema se identifican las distancias así:

$D_1 = 10m$

D_2 = Variable = 3 x N° de pisos a subir

$D_3 = 13m$

En la práctica, el calculista deberá obtener estos datos de los planos de arquitectura que servirán de base para el diseño de las canalizaciones eléctricas.

En el presente ejercicio, para simplificar la obtención de D_3, se ha asumido que cada uno de los tableros de los apartamentos equidistan del ducto de subida.

Las distancias tendrán los siguientes valores para cada piso.

Piso 1

$D_{T1} = 10 + 3 + 13 = 26$ m

Piso 2

$D_{I2} = 10 + 3 \times 2 + 13 = 29m$

Piso 3

$D_{T3} = 10 + 3 \times 3 + 13 = 32m$

Piso 4
$D_{T4} = 10 + 3 \times 4 + 13 = 35m$

Piso 5
$D_{T5} = 10 + 3 \times 5 + 13 = 38m$
Las capacidades de distribución, considerando los factores multiplicadores $F_1 = 1$ y $F_2 = 0.866$, son las siguientes:

Para las Fases

$$C_{DF1} = \frac{38,77 \times 26}{0,866} = 1.164 \text{ Am}$$

$$C_{DF2} = \frac{38,77 \times 29}{0,866} = 1.298 \text{ Am}$$

$$C_{DF3} = \frac{38,77 \times 32}{0,866} = 1.433 \text{ Am}$$

$$C_{DF4} = \frac{38,77 \times 35}{0,866} = 1.567 \text{ Am}$$

$$C_{DF5} = \frac{38,77 \times 38}{0,866} = 1.701 \text{ Am}$$

Para los Neutros

$$C_{DN1} = \frac{29,16 \times 26}{0,866} = 876 \text{ Am}$$

$$C_{DN2} = \frac{29,16 \times 29}{0,866} = 977 \text{ Am}$$

$$C_{DN3} = \frac{29,16 \times 32}{0,866} = 1.078 \text{ Am}$$

$$C_{DN4} = \frac{29,16 \times 35}{0,866} = 1.179 \text{ Am}$$

$$C_{DN5} = \frac{29,16 \times 38}{0,866} = 1.280 \text{ Am}$$

Observando las tablas de capacidades de distribución en el Apéndice A, se tiene que el calibre N° 6 satisface a los pisos 1, 2 y 3. El N° 4 lo hace con los pisos 4 y 5, para lo que corresponde a las fases. En cuanto al neutro el N° 8, servirá a los pisos 1 y 2. El N° 6 lo hará para los pisos 3, 4 y 5. Comparando estos resultados con los obtenidos por capacidad de corriente se logra la solución definitiva:

Piso 1 y 2: 2 # 6 + 1 # 8 Cu –TW en 1 Ø 1” EMT
Piso 3: 2 # 6 + l # 6 Cu –TW en 1 Ø 1” EMT
Piso 4 y 5: 2 # 4 + 1 # 6 Cu –TW en 1Ø 1 ¼” EMT

Las protecciones de los subalimentadores tendrán las capacidades siguientes:

Piso 1,2 y 3:

$$I_p = \frac{55 + 38{,}77}{2} = 46{,}89 \text{ Amp}$$

El tamaño comercial resultante es: 2 x 50 Amp.

Para todos los casos, el conductor de aterramiento será (Según tabla N° 11 Apéndice A3) 1#10 de cobre. El tablero requerido para cada apartamento se diseña según el procedimiento utilizado en el Capítulo IX.

ESTUDIO DE CARGA PARA EL APARTAMENTO DEL CONSERJE

	Carga en vatios (W)	
	Fases	Neutro
- Cargas de Iluminación (60m^2 x 30W/m^2)	1.800	1.800
- Tomas de uso general (2 x 1.500 W)	3.000	3.000
- Cargas Lavandero	1.500	1.500
	6.300	6.300
Aplicando Factores de Demanda (Tabla 220-11 CEN)		
- Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
el resto: (7.050-3.000) al 35%	1.155	1.155
- Demanda Iluminación	4.155	4.155
- Calentador de agua	800	800
- Refrigeradora pequeña	300	300
Demanda Total:	**5.255**	**5.255**

La capacidad en amperios del subalimentador:

Fases y neutro: 5255 ÷ 208 = 25.26 Amp.

Resultando los calibres de los conductores 3#10 Cu –TW.

Para la selección por caída de tensión, según la distancia propuesta y considerando:

$F_1 = 1$; $F_2 = 0.866$

$$CD = \frac{25{,}26 \times 15}{0{,}866} = 438 \text{ Am}$$

A este valor le corresponde un conductor N° 10 Cu –TW y la solución definitiva es:

3#10 Cu –TW en 1Ø ¾" EMT

La protección del subalimentador se obtiene así:

$$I_p = \frac{30 + 25{,}26}{2} = 27{,}6 \text{ Amp}$$

Resultando un tamaño comercial de 2 x 30 Amp.

Pero este valor no cubre el 20% de holgura previsto en ejercicios anteriores; por consiguiente se escoge 2 x 40 Amp.

El cable de aterramiento será 1 # 10 Cobre.

SERVICIOS GENERALES

En el Capítulo X se han descrito las características de los servicios generales; en este ejemplo, se concretará lo relacionado al diseño del subalimentador y el tablero requerido para dichos servicios.

ANÁLISIS DE CARGA:

Un ascensor para 8 personas y con velocidad de 1.3 m/seg.

Según la Tabla N° VIII resulta 16 KVA (el otro ascensor se incluye en el tablero de servicios prioritarios TSP). La corriente del circuito es:

$$I = \frac{16.000}{\sqrt{3} \times 208} = 44{,}5 \ \text{Amp}$$

Un sistema hidroneumático de 7.5 HP (Según Tabla CEN 430-150)

I = 22 x 1,1 = 24,2 Amp.

Iluminación de pasillos y áreas verdes.

$$I = \frac{4.500}{\sqrt{3} \times 208} = 12{,}51 \ \text{Amp}$$

Motor de la puerta del estacionamiento de 1 HP:

I = 3,6 x 1,1 = 3,96 Amp.

CIRCUITOS RAMALES

ASCENSOR:

Se asumirá una distancia horizontal en planta baja D1 = 10 m; D2 = 3 x 6 = 18 m (pues la sala de máquinas suele estar en la azotea, o sea, piso 6); D3 = 5 m. Todos estos valores son datos asumidos que se podrían obtener de los planos de arquitectura.

$$DT = 10 + 18 + 5 = 33\,\text{m}$$

Id = 200% In = 2 x 44,5 = 89 Amp.

Por capacidad de corriente resulta: 3 # 2 Cu–THW y por caída de tensión, para F_1 = 3/2 (asumiendo un 3% de caída de tensión y factor de potencia del 80%), F_2 = 1.

$$CD = \frac{89 \times 33}{1{,}5} = 1.958 \ \text{Am}$$

Corresponde a un calibre de conductor 3 # 4 Cu–THW

Por consiguiente, la solución definitiva es:

3 # 2 + 1 # 10 (Hilo neutro) Cu–THW en 1Ø 1 ½" EMT

La protección del circuito será (Según 430-52 CEN)

Ip = 400% In = 4 x 44,5 = 178 Amp.

El tamaño comercial correspondiente es 3 x 200 Amp.

El conductor de aterramiento es 1#6 de cobre.

SISTEMA HIDRONEUMÁTICO:

Asumiendo una distancia despreciable desde el TSG al motor en cuestión, resulta el circuito por capacidad de corriente. Luego I = 24.2 x 1.25 = 30.2 Amp. resultando, 3#10 Cu–THW en 1Ø ¾" EMT. La protección será la correspondiente a las características del motor. Asumiendo que es un motor de inducción, jaula de ardilla, sin letra de código, para protección automática de tiempo inverso, resulta (Tabla N° 34 Apéndice A6).

Ip = 250% In = 2.5 x 24,2 = 60,5 Amp.

El tamaño comercial resultante es de 3 x 60 Amp.

El cable de aterramiento será 1 #10 de cobre.

CIRCUITO DE ILUMINACIÓN:

Para la corriente resultante se podrán asumir tres circuitos monofásicos en 120V equilibrados, con la canalización siguiente:

2 # 12 Cu–TW en 1Ø ½" EMT.

Habría que verificar aquellos casos más alejados del tablero de servicios generales, si la caída de tensión no es limitante (Se podrá asumir una caída de tensión máxima del 2%).

La protección de los circuitos de iluminación será de 1 x 20 Amp. y el cable de tierra 1 # 12 de cobre.

MOTOR DE LA PUERTA DE ENTRADA:

Id = 3,96 x 1,25 = 4,95 Amp.

Le corresponde 3 # 14 Cu–THW por capacidad de corriente. Asumiendo una distancia de 25 m (dato) al TSG, para una caída de tensión máxima del 3% y un factor de potencia del 80% en tubería EMT. Por consiguiente:

resulta $F_1 = 3/2$ y $F_2 = 1$.

$$CD = \frac{4{,}95 \times 25}{1{,}5} = 82{,}5 \ \text{Am}$$

Correspondiendo a este valor el calibre N° 14 Cu–THW.

La solución definitiva es:

3#14 Cu-THW en 1Ø ½" EMT

La protección del circuito, considerando características del motor similares a las del equipo hidroneumático y tomando en cuenta 430-152 CEN, se logra así:

Ip = 2,5 x 3,96 = 9,9 Amp.

El tamaño comercial será de 3 x 15 Amp. y el conductor de aterramiento 1 # 14 de cobre.

SUBALIMENTADOR DEL TSG:

La corriente de diseño es la siguiente:

Id = 2 x 44,5 + 24,2 + 12,51 + 3,96 = 129,67 Amp.

En la expresión anterior no se ha incluido el 125% de la In del motor mayor, debido a que se ha tomado el 200 In del motor del ascensor, que es el valor mayor.

Por lo general, el TSG se encuentra muy cerca del cuadro de medidores (TG); por consiguiente, su distancia para los fines de cálculo, se considerará despreciable.

La solución definitiva para la canalización requerida es la siguiente: 3#1/0 + 1#10 Cu–THW en 1Ø 2" EMT

El hilo neutro se ha escogido calibre N° 10, debido a que las cargas monofásicas no excedan a los 30 amperios.

La protección del subalimentador del TSG es la siguiente:

$$Ip = I_{\text{Protección motor mayor}} + \sum_{i=1}^{n} Ini_{\text{restantes}}$$

Ip = 200 + 24,2 + 12,5 + 3,96 = 240,66 Amp.

El tamaño comercial es: 3 x 250 Amp. y el cable de aterramiento 1#4 de cobre.

Las especificaciones del tablero de servicios generales TSG, se indican a continuación:

Tablero trifásico, tensión 208V, montaje superficial, tipo interior (a instalarse en cuarto de medidores o cercano a él). Protección principal de 3 x 250 Amp. Con quince salidas monofásicas, que darán cabida a tres salidas trifásicas, tres monofásicas para iluminación, más una de reserva.
con los siguientes breakers secundarios:

1 de 3 x 200 Amp.	Icc = 10 KA*
1 de 3 x 60 Amp.	Icc = 10 KA
3 de 1 x 20 Amp.	Icc = 10 KA
1 de 3 x 15 Amp.	Icc = 10 KA

SERVICIOS PRIORITARIOS

Se consideran conectados a este tablero (TSP), aquellos servicios que deben tener una alimentación independiente del resto del edificio y directamente conectados a los bornes de baja tensión del

* Mínimo nivel de cortocircuito (Icc), en tamaño comercial, que se puede seleccionar para este tipo de instalaciones. Se puede calcular aplicando procedimientos que se explican más adelante

transformador o bien antes del interruptor principal aguas arriba (exigido por las Normas contra incendio), y que se detallan a continuación:

ANÁLISIS DE CARGA

Un ascensor preferente de iguales características al anterior:

I = 44,5 Amp.

Una bomba contra incendio de 25 HP, trifásica 208V, motor de inducción, arranque directo, sin letra.

I = 68 x 1,1 = 74,8 Amp.

Una ventilación forzada de 15 HP, trifásicos, 208V, motor de inducción, arranque directo, letra F.

I = 42 x 1,1 = 46,2 Amp.

Un tablero de control de incendio, con una carga asumida de P = 180W, 120V

$$I = \frac{180}{120} = 1{,}5 \text{ Amp}$$

CIRCUITOS RAMALES Y TABLERO (TSP).

Tanto la obtención de los circuitos ramales, como las características del tablero, TSP, se logran siguiendo un procedimiento análogo al utilizado para el TSG.

DISEÑO DEL SUBALIMENTADOR DEL TSP.

La corriente de diseño es la siguiente:

Id= 1,25 x 74,8 + 2 x 44,5 + 46,2 + 1,5 = 230,2 Amp.

En la expresión anterior se ha tomado el 125% In del motor mayor y el 200% In del motor del ascensor, para evitar que en algunas ocasiones, cuando prueban por rutina el funcionamiento de la bomba contra incendio, se produzcan perturbaciones en el funcionamiento del ascensor debido a caídas de tensión indeseables.

El conductor por capacidad de corriente es: 3#4/0 Cu–THW y considerando una distancia de 20 mts entre los bornes del transformador y el TSP, Asumiendo F_1 = 3/2 para una caída de tensión del 3% F_2 = 1 y Fp = 80% se tiene:

$$CD = \frac{230{,}2 \times 20}{1{,}5} = 3069 \text{ Am}$$

Para este valor corresponde un calibre 3#2 Cu–THW; por consiguiente, la solución definitiva, considerando el hilo neutro requerido para la carga de desequilibrio de 180W, se tiene:

3#4/0 + 1#12 Cu-THW en 1Ø 3" EMT

La protección a nivel del tablero solamente será la siguiente:

Ip = 200 + 44,5 + 46,2 + 1,5 = 292,2 Amp.

En este caso, la protección del motor mayor coincide con la del ascensor y con la de la bomba contra incendios en 200 Amp. El tamaño comercial resultante es de 3 x 300 Amp, y el cable de aterramiento 1#4 de cobre.

ESTUDIO GENERAL DE CARGAS DEL EDIFICIO

Se procederá a obtener la demanda general de diseño del edificio, a fin de poder determinar los elementos correspondientes de las canalizaciones y equipos eléctricos requeridos.

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Cargas de Iluminación		
30 W/m^2 (20 x 80 + 60)m^2	49.800	49.800
Circuitos de tomas de uso general		
21 x 2 x 1.500	63.000	63.000
Circuitos de Lavandero		
21 x 1 x 1.500	31.500	31.500
	144.300	144.300
Aplicando Factores de Demanda		
(Tabla 29 Apéndice A6)		
Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
Los 117.000 al 35%	40.950	40.950
Resto 24.300 al 25%	6.075	6.075
Demanda Iluminación	50.025	50.025
Calentadores de agua		
21 x 800 W	16.800	16.800
Refrigeradora pequeña		
(21 x 300 W)	6.300	6.300
Aire Acondicionado		
(20 x 1.600 W)	32.000	-0-
Circuito Adicional		
(20 x 600 W)	12.000	12.000
Carga del tablero de servicios prioritarios (TSG)		
$P = \sqrt{3} \times 208(44{,}5 + 24{,}2 + 12{,}51 + 3{,}96)$	30.648	4.500
(Para el neutro sólo se consideró las cargas de iluminación)		
Carga del tablero de servicios prioritarios		
$P = \sqrt{3} \times 208(44{,}5 + 74{,}8 + 46{,}2 + 1{,}5)$	60.093	180
(Para el neutro sólo se consideró la carga del tablero control de incendio)		
25% del motor mayor		
0,25 x 1,73 x 208 x 74,8	6.729	-0-
Demanda Total:	**214.595**	**89.805**

Para los conductores activos se tiene:

$$I = \frac{214.595}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 628 \text{ Amp}$$

Para el hilo neutro resulta:

$$I = \frac{89.805}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 263 \text{ Amp}$$

Pero, aplicando el 220-22 del CEN, se tiene:

$$In = 200 + 0{,}7 \times 63 = 244 \text{ Amp}$$

SELECCIÓN DE CONDUCTORES DEL ALIMENTADOR EN BAJA TENSIÓN

Utilizando conductores de cobre TTU para 600V, para las fases, considerando dos conductores por cada una, tomando en cuenta los factores de bancada ($F_1 = 1$) y de temperatura ($F_2 = 1$) resultará:

$$\frac{I}{2} = \frac{628}{2} = 314 \text{ Amp}$$

Le corresponde, por capacidad de corriente, 2 # 400 MCM Cu–TTU por fase. Dado que el tablero general está a 20 m. del banco de transformación, y considerando una caída de tensión máxima permisible en este tramo del 1%; tomando en cuenta que $F_1 = 1/2$, $F_2 = 1$ y que el ducto será no magnético resulta lo siguiente:

$$CD = \frac{314 \times 20}{0{,}5} = 12.560 \text{ Am}$$

A este valor le corresponde un conductor 2 # 300 MCM Cu-TTU por fase. Luego, la solución para las fases será: 2 # 400 MCM Cu–TTU.

Para el hilo neutro por capacidad de corriente, resulta 1 # 250 MCM o bien 2 # 1/0 Cu-TTU y por caída de tensión:

$$CD = \frac{244 \times 20}{0{,}5} = 9760 \text{ Am}$$

$$\frac{CD}{2} = \frac{9760}{2} = 4880 \text{ Am}$$

A lo que le corresponde un calibre de conductor 2 # 1/0 Cu–TTU; por consiguiente, la solución para el neutro es 2 # 1/0 Cu–TTU.

La solución definitiva para los conductores del alimentador principal en baja tensión del edificio será:

6 # 400 MCM + 2 # 1/0 Cu-TTU en 2Ø 4” PVC.

PROTECCIÓN EN BAJA TENSIÓN DEL ALIMENTADOR PRINCIPAL

Para la protección general en baja tensión del alimentador principal, se excluye la carga TSP, pues el correspondiente subalimentador parte directamente de los bornes del transformador (Véase Figura N° 70).

Potencia considerada:

P = 214595 – 60093 – 6729 + 0,25 x 1,73 x 208 x 44,5 = 151.776 W

La corriente resultante es:

$$Ip = \frac{151.776}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 444 \text{ Amp}$$

Considerando el 20% de holgura en la protección resulta Ip = 444 x 1.2 = 532 Amp., por lo tanto el tamaño comercial de la protección de sobrecorriente será: 3 x 600 Amp. Respecto a la capacidad de cortocircuito de la misma, el procedimiento para lograr el valor exacto de la corriente de falla (Icc), se utiliza normalmente el método tradicional, analizando las impedancias por unidad correspondientes al circuito de una fase, de todo el sistema eléctrico involucrado en baja tensión.

A continuación se va a recomendar, para los fines prácticos de seleccionar las protecciones requeridas en baja tensión, por corriente de falla, un método más sencillo pero de menor precisión. Lo presenta la Empresa Westinghouse ([*]) en un folleto editado por la División Técnica, en el cual ilustran, mediante un procedimiento gráfico, la forma de calcular la corriente de falla en Kiloamperios (KA), para una determinada caja moldeada de un interruptor termomagnético en baja tensión hasta 600 voltios. (Véase Gráficas N° 9,10,11 y 12. Apéndice A3)

Para determinar el valor deseado en Kiloamperios de cortocircuito (KAcc) de la corriente Irms simétrica para una distancia dada, entre el punto de instalación del interruptor termomagnético y el transformador, se procederá tal como se ilustra a continuación, mediante una explicación de los pasos a dar (columna izquierda) y el resultado correspondiente al ejercicio que se está desarrollando en esta sección (columna derecha).

Descripción de pasos a seguir	**Solución al Ejercicio**
Definir los siguientes elementos	
Tensión de Trabajo:	208 Volts
Capacidad del Transformador:	225 KVA
Impedancia en % del transformador (dato del fabricante según catálogos = 1,5%, 2% ó 4,5%).	4,5%
Nivel de cortocircuito de la empresa de electricidad en el punto de entrega al transformador propuesto (Varía entre 50 MVA y 500 MVA).	500 MVA (el más favorable)
Determinar la distancia en pies desde el transformador al punto de falla (20m) y el calibre del conductor utilizado.	66 pies de conductor calibre 2#400 MCM de cobre por fase
Seleccionar la gráfica del Apéndice A3, en base a los datos anteriores y la curva correspondiente a la gráfica Nº 9 del mismo.	
La solución se obtiene, según el paso anterior,	

[*] WESTINGHOUSE, How to Calculate Fault Currents.

entrando por las abcisas con el valor de distancia, interceptando la curva correspondiente y leyendo al extremo izquierdo en las ordenadas, el valor Icc correspondiente. En caso de que el calibre del conductor no se encuentre entre los valores del gráfico, se interpolará entre los indicados.

Icc = 12,5 KA

Como conclusión, el interruptor termomagnético deseado tendrá las características siguientes:

Número de Polos	3
Tensión Nominal	240V (Normalizado según catálogo del fabricante
Corriente Nominal	600 Amp. (20% de reserva)
Capacidad de Interrupción (Amperios simétricos)	12.5 KA de cortocircuito mínimo. (El tamaño comercial, inmediato superior se logrará consultando el catálogo del fabricante del producto según WESTINGHOUSE es 18 KA)
Tipo de interruptor a utilizar:	Modelo, serial, etc., según catálogo del fabricante.

El conductor de aterramiento 1# 1/0 CU desnudo o bien TW color verde. (Tabla N° 11, Apéndice A2)

SELECCIÓN DEL BANCO DE TRANSFORMACIÓN Y PROTECCIÓN EN ALTA TENSIÓN:

Para obtener la capacidad del banco de transformación, se procederá de la forma siguiente:

$$\text{Potencia Aparente} = \frac{214.595}{0,95 \times 1.000} = 225,9 \text{ KVA}$$

Según los valores normalizados de capacidad para transformadores que se fabrican en Venezuela, el tamaño requerido será de 225 KVA. Para ello se escogerán tres transformadores monofásicos de 75 KVA, los que se conectarán en estrella del lado secundario. La tensión normalizada será de 13800/120-240V, 60 Hz, tipo convencional, refrigeración en aceite. Este banco de transformación podrá ser montado en una estructura formada por dos postes de acero tipo "H", o bien en una subestación cerrada en caseta. Otra alternativa sería en una unidad tipo intemperie compacta ("pedestal" o Padmounted). La tensión del primario ha sido escogida pensando que la empresa distribuidora de energía eléctrica tenga esta tensión normalizada. En caso contrario, se escogerá la disponible en el sistema que se vaya a utilizar.

La protección del lado de alta tensión se obtiene de la forma siguiente:

$$\text{Ip} = \frac{225.000}{\sqrt{3} \times 13.800} = 9,42 \text{ Amp}$$

Tomando en cuenta un factor de holgura del 150%, se escogerá un tamaño normalizado de protección de 3 x 15 Amp. (Las empresas de servicio eléctrico utilizan un factor entre 1,5 y 2,0).

A continuación se ilustra en las Figuras N° 70, 71 y 72 y los diagramas unifilar, vertical y de la malla de tierra del sistema eléctrico del edificio correspondiente al ejercicio resuelto.

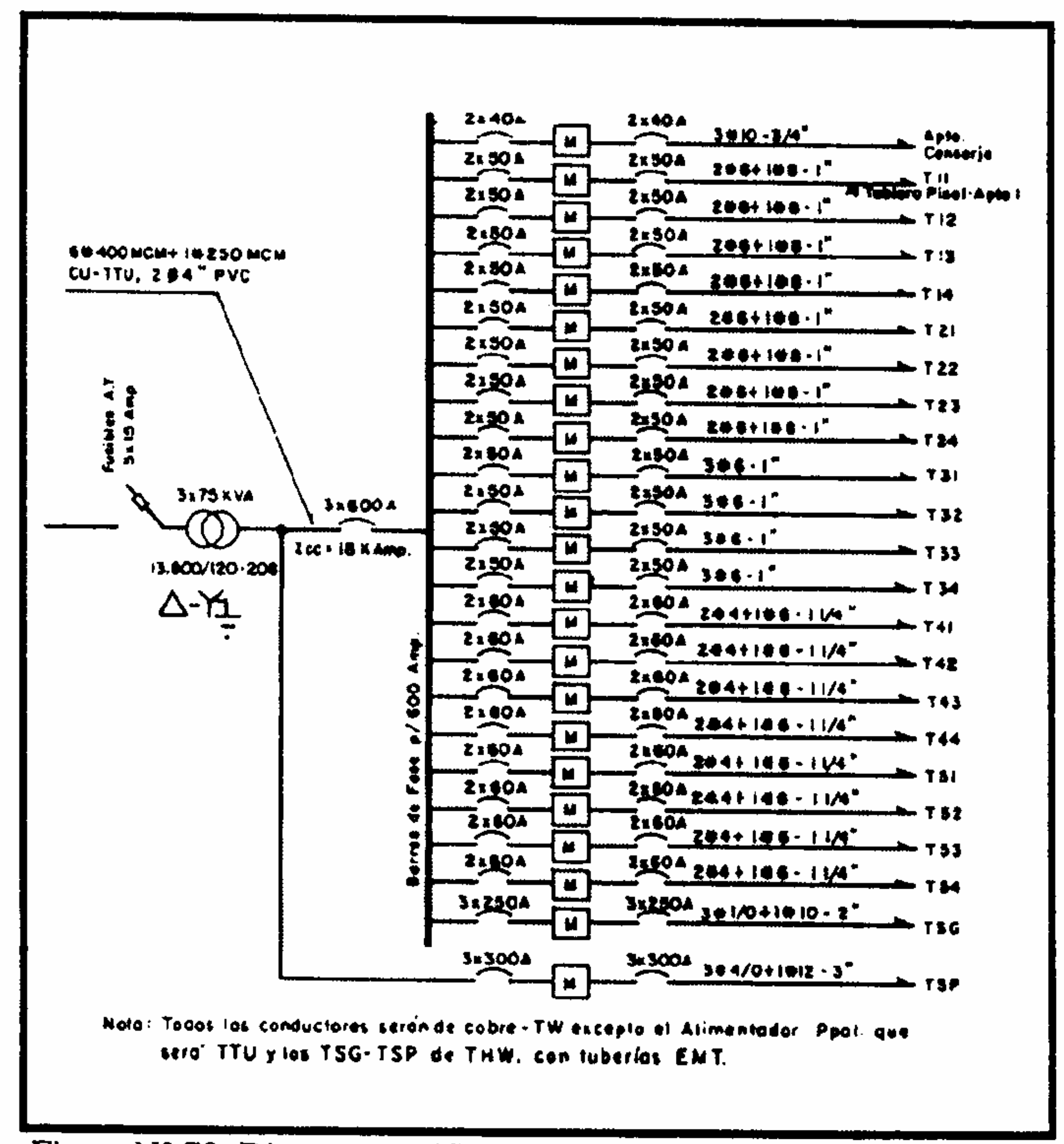


Figura N° 70. Diagrama unifilar correspondiente al Ejemplo 11.1

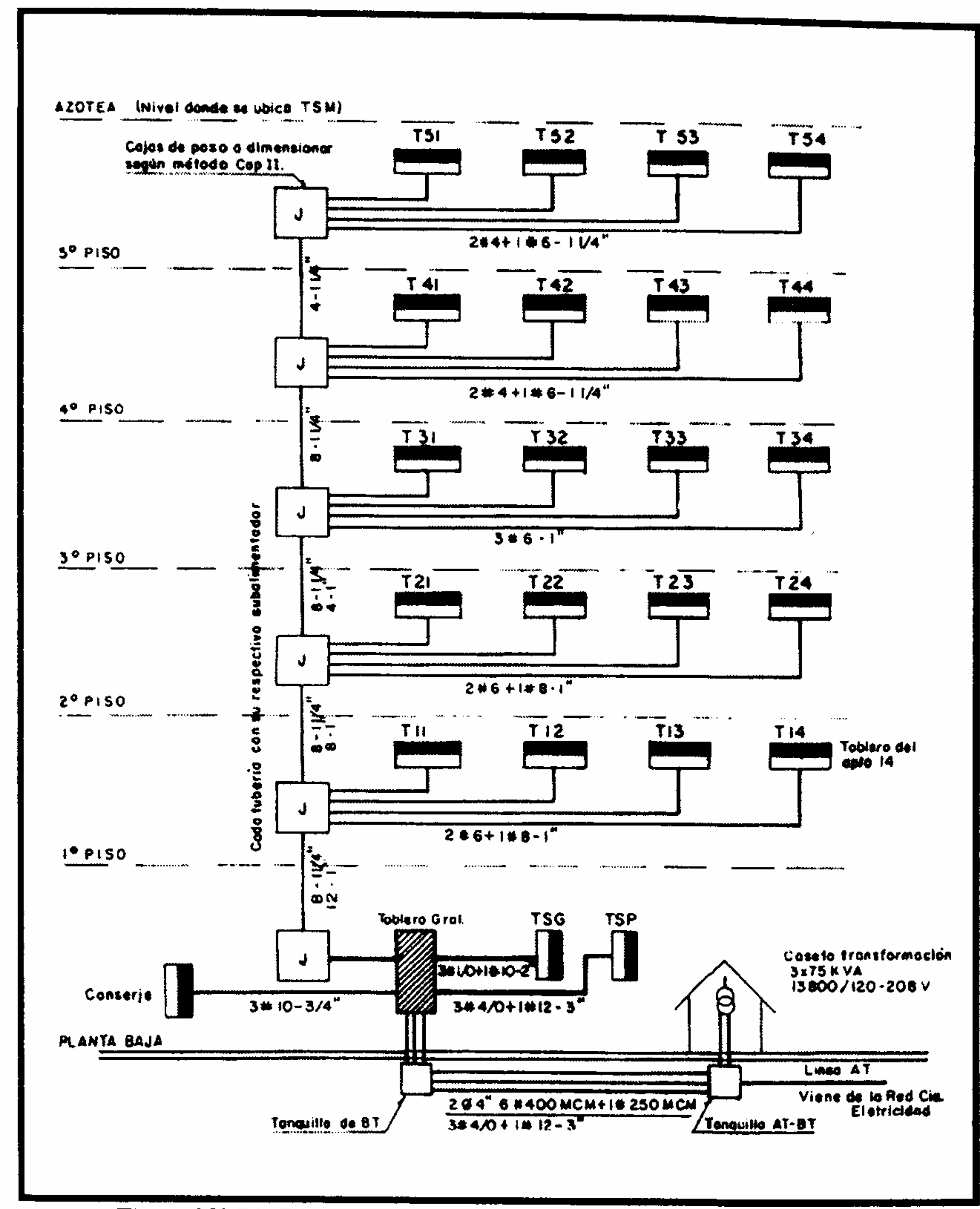


Figura N° 71. Diagrama vertical para instalaciones eléctricas de edificio. Ejemplo 11.1

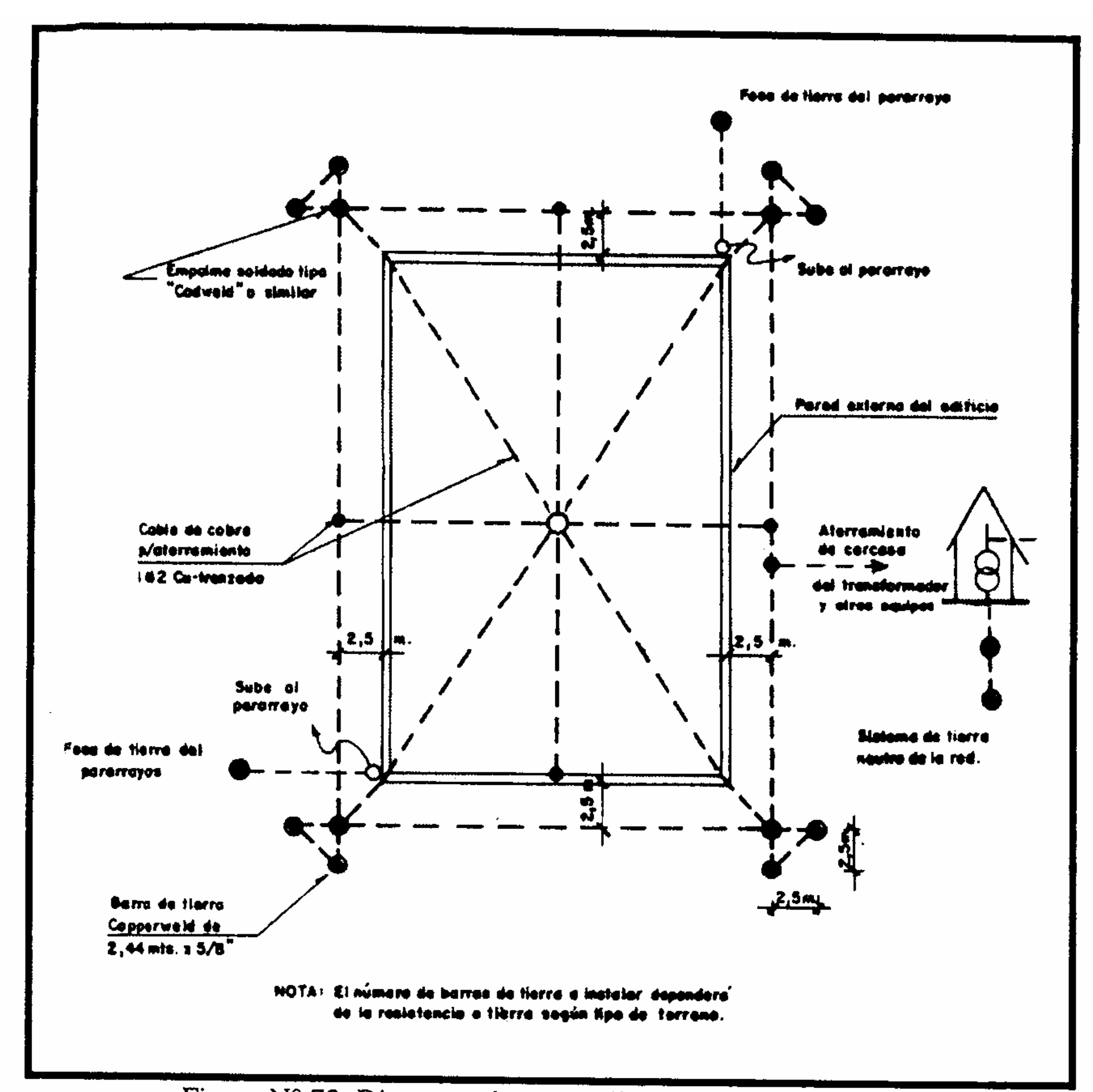


Figura N° 72. Diagrama de una malla de tierra para edificio.
Ejemplo 11.1

11.2 EJEMPLO N° 2

Se tiene un conjunto residencial formado por dos edificios de clase media, categoría N° 2, los cuales van a ser alimentados eléctricamente desde una caseta de transformación única, ubicada en un sitio a igual distancia de cada uno de los tableros generales de los edificios. Desde el banco de transformación, saldrán de sus bornes los alimentadores de cada uno de los tableros de servicios prioritarios y también un alimentador principal (A_o) que servirá a un tablero de distribución en la misma caseta. Desde este tablero saldrán dos alimentadores secundarios para cada edificio (Véase Figura N° 73).

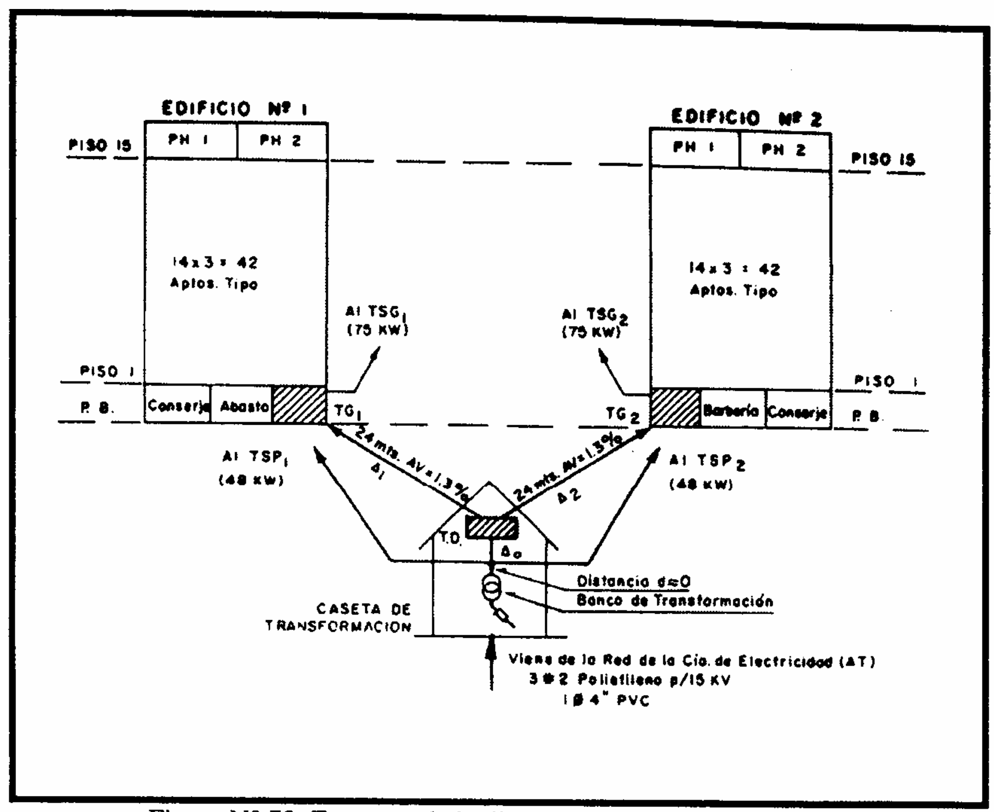


Figura N° 73. Esquema de la disposición del conjunto residencial
Ejemplo 11.2

Todos los alimentadores A_0, A_1 y A2 serán de conductor de cobre TTU en tubería plástica PVC recubierta de concreto. La distancia de A_0 es despreciable, luego d ≈ 0 y ΔV ≈ 0.

Para $A_1 = A_2$, se tiene una distancia de 24 m con un ΔV ≈ 1,3%. La tensión del sistema trifásico será de 120/208V y el factor de potencia para todos los efectos será del 95%.

El edificio N° 1, al igual que el N° 2, tendrán 14 pisos del 1° al 14°, donde existirán tres apartamentos iguales en cada uno por piso, para un total de 42 por edificio. Tendrán 140 m^2 de área utilizable con calentador de 50 lts., secadora de ropa, refrigeradora grande y dos aparatos de aire acondicionado de ¾ HP. En la planta baja de los edificios, habrá un apartamento para el conserje con 70 m^2, el cual dispondrá de calentador de agua de 30 lts. y refrigeradora pequeña. En el piso 15, cada edificio tendrá: 2 Pent-house de 210 m^2 cada uno y 2 calentadores de agua de 50 litros, secadora de ropa, refrigeradora grande y congelador, 4 aparatos de aire acondicionado de ¾ HP, cocina eléctrica con horno de 10 Kw y lavaplatos con triturador de desperdicios. En planta baja en el Edificio N° 1 habrá un abasto cuyo local tendrá un área de 120 m^2, un refrigerador comercial de 3000W en 220V, una sierra, molinos y otros equipos con una potencia global de 2300W en 220V. Además tendrá un circuito de tomas de uso general. No habrá vidriera de exhibición, pero si un cartel luminoso de 1500W. En el edificio N° 2 existirá una barbería de 100 m^2, con un equipo de aire

acondicionado central de 7,5 Kw, 12 tomacorrientes sencillos para secadores de pelo. En cada edificio habrá una demanda por el TSG de 75 Kw y del TSP de 48 Kw (incluyendo el 25% del motor mayor).

Determinar lo siguiente:

- Alimentador A_0, A_1 y A_2
- Características del tablero de distribución (TD)
- Capacidad del banco de transformación.

Las características de los tableros de apartamentos y locales, subalimentadores TG1 y TG2, podrán ser diseñados en base a lo visto en el ejercicio anterior.

SELECCIÓN DE CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR A_1.

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Cargas de Iluminación 30 W/m^2 (42 x 140 m^2 + 2 x 210 +70)	191.100	191.100
Circuito tomas de uso general (42 + 2 + 1) x 2 x 1.500	135.000	135.000
Circuitos de Lavandero (42 + 2 + 1) x 1.500	67.500	67.500
Sub-Total	393.600	393.600

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Aplicando Factores de Demanda (Tabla 29 Apéndice A6)		
Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
Los 117.000 al 35%	40.950	40.950
Resto 273.600 al 25%	68.400	68.400
	112.350	112.350
Calentadores de agua 1.100(42 + 2 + 2) + 800	51.400	51.400
Secadoras de ropa (según 220-18 CEN) 5.000 (42 + 2) x 0,25	55.000	-0-
Refrigeradoras 42 x 700 +1 x 300	29.700	29.700
Refrigeradoras-Congelador 1.450 x 2	2.900	2.900
Aparatos de Aire Acondicionado ¾ HP 1.600 (2 x 42 + 2 x 4)	147.200	-0-
Cocinas Eléctricas		

(Tabla Nº 28 Apéndice A6) Para 2 unidades de 10.000 W c/u	11.000	7.700 (70% de la demanda de fases)
Lavaplatos con triturador de basura 2 x 3.000	6.000	6.000
Circuito Adicional 44 x 600	26.400	26.400
Sub-Total apartamentos (1)	441.950	236.450

DEMANDA DEL ABASTO (TIENDA)

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Iluminación (Véase Tabla Nº 27 Apéndice A6) 120 m^2 x 30 W/m^2	3.600	3.600
Refrigeradora Comercial	3.000	-0-
Sierra y otros equipos	2.300	-0-
Cartel luminoso	1.500	1.500
Sub-Total Abasto (2)	11.900	6.600

DEMANDA TOTAL DEL EDIFICIO Nº 1.

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Sub-Total apartamentos (1)	441.950	236.450
Sub-Total Abastos (2)	11.900	6.600
Demanda del TSG (se asume que el neutro lleva el 10% de las fases y que en 75 KW está incluido el 25% del motor mayor)	75.000	7.500
Demanda Total del TG.	**528.850**	**250.550**

Para los conductores activos resulta:

$$I = \frac{528.850}{\sqrt{3} \times 208 \times 0,95} = 1.547 \ \text{Amp}$$

Para el hilo neutro:

$$I = \frac{250.550}{\sqrt{3} \times 208 \times 0,95} = 733 \ \text{Amp}$$

Pero, aplicando el 220-22 del CEN, resulta:

In = 200 + 533 x 0,7 = 573 Amp.

La selección por capacidad de corriente y caída de tensión para las fases, considerando el factor de bancada para seis tuberías $F_b = 0.93$ y el de temperatura $F_t = 1$, se logra de la forma siguiente:

$$I = \frac{1.547}{0,93} = 1.663 \text{ Amp}$$

$$\frac{I}{6} = \frac{1.663}{6} = 277 \text{ Amp}$$

Por capacidad le corresponde un conductor #300 MCM y por caída de tensión:

$$CD = \frac{277 \times 24}{\frac{1,3}{2}} = 10.228 \text{ Am}$$

Resultando conductor # 4/0; por consiguiente, la solución para las fases es 6 # 300 MCM Cu–TTU. Para el neutro (se debe tener presente lo que establece el CEN en el punto N° 10 -a- de las Notas a tablas 310-16 a 310-19), considerando que el mismo se compone de seis conductores, también se tiene lo siguiente:

$$I = \frac{573}{0,93} = 616 \text{ Amp}$$

$$\frac{I}{6} = \frac{616}{6} = 103 \text{ Amp}$$

Por capacidad resulta 1 # 2 y por caída de tensión:

$$CD = \frac{103 \times 24}{0,65} = 3.803 \text{ Am}$$

Le corresponde un calibre de conductor 1#1/0; por consiguiente la solución para el neutro será 1# 1/0 Cu–TTU.

La solución definitiva para el Alimentador A_l será:
18 #300 MCM + 6#1/0 Cu-TTU en 6Ø 3" PVC.

La protección de Al será:

$$Ip = \frac{I_{cable} + I_{calculada}}{2} = \frac{6 \times 285 \times 1.547}{2} = 1.628 \text{ Amp}$$

El tamaño comercial será de 3 x 2000 Amp.

Una vez que se determine la capacidad del banco de transformación, se obtendrá la capacidad de cortocircuito correspondiente. El cable de aterramiento será 1#250 MCM de Cobre desnudo.

SELECCIÓN DE CANALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR A_2

Estudio de cargas de Edificio N° 2.

DEMANDA DE LA BARBERÍA

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Iluminación (Véase Tabla Nº 27 Apéndice A6) 100 m^2 x 30 W/m^2	3.000	3.000
Aire Acondicionado Central	7.500	-0-
Tomacorrientes dobles 12 x 108 VA c/u fp = 1.0	2.160	2.160
Cartel luminoso	1.500	1.500
Tomacorrientes para secadores de pelo 10 x 500	5.000	5.000
Sub-Total barbería(2)	19.160	11.660

DEMANDA TOTAL DEL EDIFICIO Nº 2.

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Sub-Total Apartamentos (1)	441.950	236.450
Sub-Total barbería (2)	19.160	11.660
Demanda del TSG (igual al Edif. Nº 1)	75.000	7.500
Demanda Total del TG	**536.110**	**255.610**

SELECCIÓN DE CANALIZACIÓN DEL ALIMENTADOR A2

Para los conductores activos resulta:

$$I = \frac{536.110}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 1.568 \ \text{Amp}$$

Para el hilo neutro:

$$I = \frac{255.610}{\sqrt{3} \times 208 \times 0{,}95} = 748 \ \text{Amp}$$

Dado que las corrientes de fases y neutro son del mismo orden que las del Edificio N° 1 y, procediendo de igual manera, sólo se indicarán los resultados correspondientes a canalizaciones y protecciones.

18 # 300 MCM + 6 # 1/0 Cu-TTU en 6 Ø 3" PVC.

La protección será igual al anterior también de 3 x 2000A y el cable de aterramiento 1 # 250 MCM de cobre.

CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN (TD).

Para determinar las características del tablero de distribución, se realizará el estudio general de cargas correspondiente a los dos edificios. Se excluyen del estudio las cargas del tablero de servicios prioritarios pues no pasan por este tablero.

ESTUDIO DE CARGAS:

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Cargas de Iluminación		
30 W/m^2 (84 x 140 + 4 x 210 +2 x 70)	382.200	382.200
Circuitos tomas de uso general		
(84 + 4 + 1) x 2 x 1.500	270.000	270.000
Circuitos de Lavandero		
(84 + 4 + 2) x 1.500	135.000	135.000
Sub-Total	787.200	787.200
Aplicando Factores de Demanda (Tabla 29 Apéndice A6)		
Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
Los 117.000 al 35%	40.950	40.950
Resto 667.200 al 25%	166.800	166.800
	210.750	210.750
Calentadores de agua		
1.100(84 + 4 + 2) + 2 x 800	102.800	102.800
Secadoras de ropa		
(Véase Tabla Nº 30, Apéndice A6)	110.000	-0-
5.000 (84 + 4) x 0,25		
Refrigeradoras		
84 x 700 +2 x 300	59.400	59.400
Refrigeradoras-Congelador		
1.450 x 4	5.800	5.800
Aparatos de Aire Acondicionado ¾ HP		
1.600 (2 x 84 + 2 x 8)	294.400	-0-
Cocinas Eléctricas		
(Véase Tabla Nº 28 Apéndice A6)	17.000	11.900
Para 4 unidades de 10.000 W c/u		(70% fases)
Lavaplatos con triturador de basura		
4 x 3.000	12.000	12.000
Circuito Adicional		
88 x 600	52.800	52.800
Sub-Total apartamentos	864.950	455.450
Demanda del abasto	11.900	6.600

Demanda de barbería	19.160	11.600
Demanda de los TSG (2 x 75.000 W) (se han estimado 10% para el neutro)	15.000	15.000
Demanda total a nivel del TD	1.046.010	488.710

La corriente de las fases será la siguiente:

$$I = \frac{1.046.010}{\sqrt{3} \times 208 \times 0,95} = 3.060 \text{ Amp}$$

Para el hilo neutro:

$$I_N = \frac{255.610}{\sqrt{3} \times 208 \times 0,95} = 748 \text{ Amp}$$

y aplicando el 220-22 del CEN resulta:

$I_N = 200 + 1.230 \times 0,7 = 1.061$ Amp.

El conductor de A_0 se deberá seleccionar sólo por capacidad de corriente, pues la longitud es despreciable. Se tomará un factor de bancada de $F_b = 0,782$ para 12 tubos y $F_t = 1$.

$$I = \frac{3.050}{0,782 \times 12} = 325 \text{ Amp (para las fases)}$$

Al que corresponde calibre # 400 MCM

$$I_N = \frac{1.061}{0,782 \times 12} = 113 \text{ Amp (para el neutro)}$$

Corresponde un calibre # 2

La solución definitiva será:

36 # 400 MCM + 12 # 2 Cu–TTU en 12Ø 4" PVC

La protección general será:

$$Ip = \frac{I_{cable} + I_{calculada}}{2} = \frac{12 \times 355 \times 3.050}{2} = 3.535 \text{ Amp}$$

El tamaño comercial será de 3 x 4000 Amp. El cable de tierra tendrá un calibre de 1 # 500 MCM.

El tablero de distribución (TD) tendrá las características siguientes:

Tablero trifásico 208V, montaje superficial, con puerta y cerradura, uso tipo interior (a instalarse en pared interior de la caseta de transformación), protección principal de 3 x 4000 Amp, barras de fase para 4000 Amp. Con doce salidas monofásicas, para utilizarlas en dos salidas trifásicas y dos de reserva con los siguientes breakers secundarios:

2 de 3 x 2.000 Amp.

La capacidad de cortocircuito se definirá luego de obtener la capacidad del banco de transformación.

CAPACIDAD DEL BANCO DE TRANSFORMACIÓN:

La demanda a nivel de subestación de transformación es la siguiente:

Demanda del tablero de distribución (TD)	1046 Kw
Demanda de tableros de servicios prioritarios (TSP) 2×48 Kw.	96 Kw
Demanda Total	1.142 Kw

Demanda total en KVA:

$$DT = \frac{1.142}{0,95} = 1.202\ KVA$$

La capacidad del banco de transformación, considerando un factor de diversidad (Véase Cap. VIII) de 1,25, adecuado a este tipo de carga residencial, perfectamente justificable si se toma en cuenta el elevado número de viviendas y la duplicidad de servicios de que dispone cada edificio([*]).

La demanda diversificada será:

$$D_d = \frac{1.202}{1,25} = 961,60\ KVA$$

El tamaño normalizado a escoger del banco de transformación será de 1000 KVA pudiendo ser una unidad trifásica, o bien tres unidades monofásicas de 333 KVA cada una, con tensión normalizada de 13800/120-208V, 60 Hz, tipo convencional refrigerado en aceite.

La protección del lado de alta tensión es la siguiente:

$$Ip_{AT} = \frac{1.000.000}{\sqrt{3} \times 13.800} = 42\ \text{Amp}$$

Se escogerá una protección de 3 x 70 Amp, tomando en cuenta un factor de holgura del 150%.

La selección de capacidad de cortocircuito de las protecciones en baja tensión es la siguiente:

a) Tensión	208V
b) Capacidad del banco trifásico	1.000 KVA
c) Impedancia Z%	5,5%
d) Nivel de cortocircuito de la red	500 MVAcc
e) Seleccionar la gráfica del Apéndice A3	Corresponde la gráfica Nº 12 Apéndice A3
f) Distancia banco transformador – TD	10 pies (asumida)
g) Calibre del alimentador A_0	12#400 MCM (Equivalente 8#750MCM)
h) Solución Icc (Extrapolando en la gráfica)	60 Kamp. Simétricos

[*] Véase Manual de Knowlton, Sec. 14.336-340. Redes de Distribución. Diversidad de la Demanda.

INTERRUPTORES AUTPMÁTICOS A NIVEL DE TG1 Y TG2

a) Datos de la a) a la e), iguales al anterior
f) Distancia banco Transf. al TG1 10 pies + 24m x 3,28 pie/m = 80 pies
g) Calibre del alimentador A1 = A2 6#300 MCM
(Equivale a 4#750MCM)
h) Solución Icc 41 kAmp. Simétricos

Véase a continuación la solución de todos los componentes obtenidos para el complejo residencial en la Figura Nº 74.

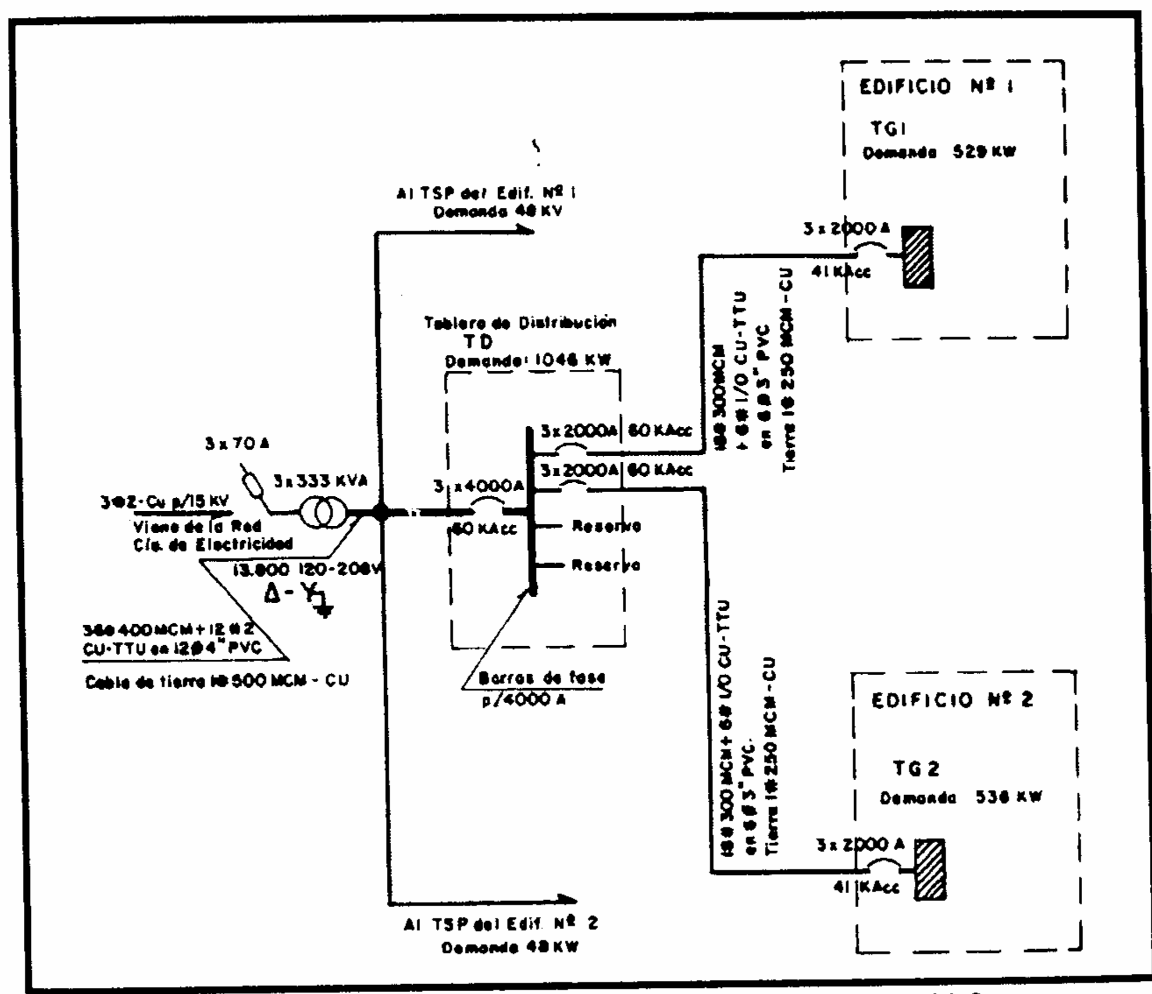


Figura N° 74. Diagrama unifilar. Solución al problema 11.2.

11.3 EJEMPLO N° 3.

En este ejemplo se aplicará un método alternativo para lograr la solución, en la obtención de las canalizaciones y equipos eléctricos para un edificio residencial. EL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL, en la sección 220-32, establece el "Cálculo Opcional para Viviendas Multifamiliares" el cual puede ser aplicado; se deberá tener cuidado de cumplir estrictamente con los requerimientos exigidos en la misma.

Se trata de un edificio residencial de clase media (Categoría N° 2), compuesto de 75 apartamentos de 120 metros cuadrados, los que ' dispondrán de un calentador de agua de 50 lts., refrigeradora grande, dos aparatos de aire acondicionado de 1600W, y cocina eléctrica de 12 Kw. En el último piso habrá tres Penthouse de 200 m^2. Cada uno, dispondrá de dos calentadores de agua de 50 lts., refrigeradora-congelador, un aparato 1 de aire acondicionado central de 5 HP trifásico, una cocina eléctrica de 12 Kw, un horno de microondas y un lavaplatos con un triturador de desperdicios. En planta baja habrá una lavandería, de uso preferente para 1 los habitantes del edificio, que tendrá un área de 50 m^2. Dispondrá de cuatro lavadoras automáticas de 4 Kw cada una, cuatro secadoras de 6 Kw, cuatro puntos de tomas para planchas normales (2), planchas a vapor (2) y un cartel de 1000W. Una tienda con área de 40m^2, aire acondicionado de 15000 BTU, vidriera de 5 metros lineales, seis tomacorrientes de 180 VA y un cartel de 1000W. También en planta baja estará el apartamento del conserje con 58 metros cuadrados, calentador de agua de 30 lts., y refrigeradora pequeña. La demanda, por concepto de servicios generales, será de 65 Kw y el tablero de servicios prioritarios de 43 Kw.

Determinar la demanda total del edificio y la capacidad del banco de transformación.

El procedimiento para aplicar el método alternativo se diferencia de los anteriores utilizados en que, al realizar el estudio de cargas, lo correspondiente a las fases se tomará al 100% hasta que, al final, se aplica un solo factor de demanda.

Para el neutro se procederá como en los casos anteriores, tal como lo recomienda el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL.

ESTUDIO DE CARGAS:

	Carga en vatios Fases	Neutro
Cargas de Iluminación		
30 W/m^2 (75 x 120 + 3 x 200 + 58)	289.740	289.740
Circuitos tomas de uso general		
(75 + 3 + 1) x 2 x 1.500	237.000	237.000
Sub-Total	526.740	526.740
Aplicando Factores de Demanda		
(Tabla 29 Apéndice A6)		
Primeros 3.000W al 100%	3.000	3.000
Los 117.000 al 35%	40.950	40.950
Resto 406.740 al 25%	101.685	101.685
	145.635	145.635
Calentadores de agua		
1.100(75 + 3 + 2) + 800	89.900	89.900
Refrigeradoras-Congelador		
700 x 75 + 300	52.800	52.800
3 x 1.450	4.350	4.350
Aire Acondicionado		
1.600 x 2 x 75	240.000	-0-
3 x 16,7 x 1,73 x 208)	18.028	-0-

Cocinas Eléctricas 12 Kw (75 + 3) Para neutro (25 + 0,75 x 78) 0,7 Kw	936.000	58.450
Horno Microondas 3x 1.400	4.200	4.200
Lavaplatos con triturador de desperdicios 3 x 3.000	9.000	9.000
Sub-Total apartamentos	1.881.018	364.335
Aplicando factor de demanda Según tabla 220-32 del CEN	x 0,23	
Sub-Total "A"	432.634	364.335

DEMANDA DE LA LAVANDERÍA

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Iluminación 50 m^2 x 30 W/m^2	1.500	1.500
Lavadoras automáticas 4 x 4.000	16.000	16.000
Secadoras 4 x 6.000	24.000	-0-
Cartel luminoso	1.500	1.500
Sub-Total "B"	47.500	23.500

DEMANDA DE LA TIENDA

	Carga en vatios	
	Fases	Neutro
Iluminación 40 m^2 x 30 W/m^2	1.200	1.200
Aire Acondicionado 15.000 BTU	2.400	-0-
Iluminación vidriera 5m x 600 W/m	3.000	3.000
Tomacorrientes 6 x 180 VA (fp = 1.0)	1.080	1.080
Cartel Luminoso	1.000	1.000
Sub-Total "C"	8.580	6.280

Demanda del Tablero de Servicios Generales (TSG)	65.000	6.500
Demanda del Tablero de Servicios Prioritarios (TSP)	43.000	4.300
(En cada uno de los anteriores se ha estimado un 10% para el neutro)		
Demanda total (A + B + C + TSG + TSP)	**596.714**	**404.915**

La capacidad del transformador, asumiendo un factor de potencia del 90% resultará:

$$\text{Potencia Aparente} = \frac{596.714}{0,9} = 663.016\ \text{VA}$$

El tamaño comercial normalizado será 750 KVA en unidad trifásica, o bien 3 unidades de 250 KVA, tensión 13800/120-208V, 60 Hz tipo convencional, refrigeración en aceite. El método de "Cálculo Opcional" lo hay tanto para una vivienda, como para un conjunto residencial, tal como se ha ilustrado anteriormente. Ambos están reglamentados en el CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL COVENIN 200.

Como ejercicio, se propone que los problemas del Capítulo IX, así como también los resueltos en 11.1 y 11.2 sean desarrollados aplicando el método de "Cálculo Opcional", observando cuidadosamente lo establecido en el 220-32 del CEN.

APÉNDICE B

SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES (*)

* **Fuente: COVENIN** Símbolos gráficos para instalaciones eléctricas en inmuebles. **Norma Venezolana COVENIN 398.84. Caracas, CODELECTRA 1984.**

APÉNDICE "B"

SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS E INMUEBLES

OBJETO:

Esta norma establece los símbolos, nomenclaturas asociadas y criterios para mostrar un esquema de la representación gráfica de las instalaciones eléctricas y equipos correspondientes destinados a la distribución y control de la energía eléctrica para sus diferentes aplicaciones en el campo de la potencia, comunicación, señalización y alarma, en inmuebles, en cuanto:

a. La ubicación física general y la disposición de las partes de los sistemas de instalaciones eléctricas.

b. La indicación de los elementos de instalación eléctrica.

LEYENDAS:

Los símbolos utilizados en los planos de instalaciones eléctricas, serán definidos por uno o más de los medios siguientes:

a. Colocación de una nota en todos los planos que digan " Símbolos según la Norma Venezolana COVENIN 398-84Año de aprobación", y elaboración de una leyenda con aquellos no previstos en la misma.

b. Elaboración de un plano de leyenda general con todos los símbolos usados y sus descripción particular.

c. Elaboración de uno o más de los planos del proyecto, de la leyenda de símbolos usados en estos planos.

INDICACIÓN DE INSTALACIONES Y EQUIPOS ESPECIALES

La instalación, salidas y equipos requeridos en casos especiales se identificarán con las indicaciones siguientes:

a)	A prueba de agua	XAG
b)	A prueba de explosión	XEX
c)	A prueba de gas	XGA
d)	A prueba de gotas	XGO
e)	A prueba de intemperie	XIN
f)	A prueba de polvo	XPO
g)	A prueba de ignición de polvo	XIP
h)	Hermético al agua	XAG
i)	Hermético a la humedad	HHU
j)	Hermético a las gotas	HGO
k)	Hermético al gas	HGA
l)	Hermético a la lluvia	HLL
m)	Hermético al polvo	HPO
n)	Hermético al vapor	HVA

Para otros tipos se usarán letras de identificación junto con las letras X (a prueba de) o H (Hermético al), indicando su uso en los planos.

TABLAS DE SÍMBOLOS MÁS COMUNES A UTILIZAR

A continuación se presentan en forma tabulada los símbolos más comúnmente utilizados en planos de instalaciones eléctricas, con su descripción correspondiente. Cada sección indicada con la letras de la (A hasta la H) señalan las diferentes familias de símbolos para cada tipo de servicio.

A) Salidas para iluminación
B) Salidas para tomacorrientes
C) Salidas para sistema de señales de comunicaciones
   - C.1 Salidas para sistema de llamadas de enfermeras
   - C.2 Salidas para sistema de teléfonos
   - C.3 Salidas para sistema de intercomunicadores
   - C.4 Salidas para sistema de registro personal
   - C.5 Salidas para sistema de sonido
   - C.6 Salidas para sistemas de alarma y detección de incendio
   - C.7 Salidas para sistemas de relojes
   - C.8 Sistema de televisión circuito cerrado
   - C.9 Sistema de control de vigilancia
   - C.10 Salidas para sistema de antena colectiva
   - C.11 Salidas para sistema de portero eléctrico
   - C.12 Salidas para sistema de timbre residencial
D) Elementos generales de canalizaciones
E) Alambrado y Canalización
F) Tableros, control, protección y maniobra
G) Equipo eléctrico en planta
H) Sistema de tierra y pararrayos atmosféricos

A) SALIDAS PARA ILUMINACIÓN (SI)

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
○	Salida de techo
⊢○	Salida de Pared
⊡	Salida de piso
▭ XXX	Luminaria rectangular o alargada XXX indica el código de especificación.
	Hileras continuas de luminarias conectadas a una misma salida.
	Salida de techo embutida.
	Salida de pared embutida.
	Salida de piso embutida.
	Indicación de salida para luminarias de señalización de vía escape.
	Indicación de salida para luz piloto.
S	Suiche de control de iluminación sencillo.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
SS	Dos suiches sencillos.
S_3	Suiche de control de iluminación tres vías.
S_4	Suiche de control de iluminación cuatro vías.
D	Regulador (dimmer) de iluminación sencillo.
D_3	Regulador (dimmer) de iluminación de tres vías.
D_4	Regulador (dimmer) de iluminación cuatro vías.
S_{2P}	Suiche de dos polos.
S_{LP}	Combinación de dos suiches y luz piloto.
S_{LL}	Suiche con llave.
S_a	Suiche "a" controla el conjunto de luminarias del circuito marcadas con "a".
S_a S_b S_c	Conjunto se suiches en caja común.
●—○	Poste con un brazo y luminaria.
○—●—○	Poste con dos brazos a 180° y luminarias.
	Poste con tres brazos a 120° y luminarias.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
	Poste con luminaria centrada.
	Torre de alto montaje con corona completa.
	Torre con estructura vertical para montaje de luminarias.

B) SALIDAS PARA TOMA CORRIENTES (ST).

	Toma corriente sencillo.
	Tomacorriente doble.
	Tomacorriente triple.
	Salida en piso con tomacorriente sencillo.
	Salida de piso con tomacorriente doble.
S	Indicación de suiche y tomacorriente sencillo.
	Conjunto de tomacorrientes en caja común.

C) SALIDAS PARA SISTEMAS DE SEÑALES Y DE COMUNICACIONES.

C.1 Salidas para sistema de llamadas de enfermeras.

	Simbolo básico.
	Central del sistema.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN

C.2 Salidas para sistema de Teléfonos

	Símbolo básico.
	Para central del sistema.
	En pared o de apoyo lateral.
	En piso, superficial o elevada.
	Para distribuidor de acometida telefónica. (FXB o CDP).
	Distribuidor principal (CDI-ADP).
	Distribuidor secundario o terminal (CDF -CDT-CDS).
	Para puesto de operadora.

C.3 Salidas para sistema de intercomunicadores.

	Símbolo básico.
	Para central del sistema.
	En piso, embutida o adosada para intercomunicador.
	Para teléfonos e intercomunicadores en caja común.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN

C.4 Salidas para sistema de registro personal.

RP	Símbolo básico.
RP	Para Central del sistema.
RP A	De pared para panel auxiliar anunciador de registro

C.5 Salidas para sistema de sonido.

	Símbolo básico.
	Central del sistema.
	En techo para altavoz.
	En pared para altavoz.
	En piso para altavoz.
M	En pared para conexión de micrófono.
M	En piso para conexión de micrófono.
CV	En pared para control de volumen.

C.6 Salidas para sistema de alarma y detección de incendio.

	Panel central del sistema de detección y alarma de incendio.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
	Panel anunciador remoto.
	Salida de techo embutida.
	De techo embutida a la vista.
	De techo embutida a ras.
	De pared o de apoyo lateral.
	De pared embutida en cualquier superficie vertical o inclinada.

La letra dentro o fuera del símbolo indica para que se usa la salida de acuerdo al código de letras siguientes:

M	Estación Manual.
G	Difusor de alarma general.
P	Difusor de alarma previa.
S	Sujetador de puerta.
C	Dispositivo de comunicación del sistema de incendio.
F	Detector automático de velocidad e incremento de la temperatura.
V	Detector automático de velocidad de incremento de la temperatura.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
I	Detector automático por ionización.
H	Detector automático de humo.
LL	Detector automático de llama.

C.7 Salidas para sistema de relojes.

	Símbolo básico.
	Indicación de salida para panel central del reloj maestro.
	De pared.
	De techo.

C.8 Salidas de televisión circuito cerrado.

	Símbolo básico.
	Central del sistema.
C	De techo para cámara de televisión.
C	De pared para cámara de televisión.
M	De techo para monitor de televisión.
M	De pared para monitor de televisión.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN

C.9 Sistema de control de vigilancia.

	Símbolo básico.
	Para central del sistema.
	De pared para estación del sistema.

C.10 Salidas para sistema de antena colectiva.

TV	De techo para antena de recepción.
TV	Para toma de antena.

C.11 Salida para sistema de portero eléctrico.

	Símbolo básico.
	Central del Sistema.
	Para estación individual.
FP	Para alimentación del sistema.
CE	Para conexión de cerradura en puerta.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
P	Para pulsador.
TV	Para cámara de televisión.

C.12 Salidas para sistema de timbre residencial.

	Símbolo básico
P	De pared para pulsador.
T	De pare para timbre.

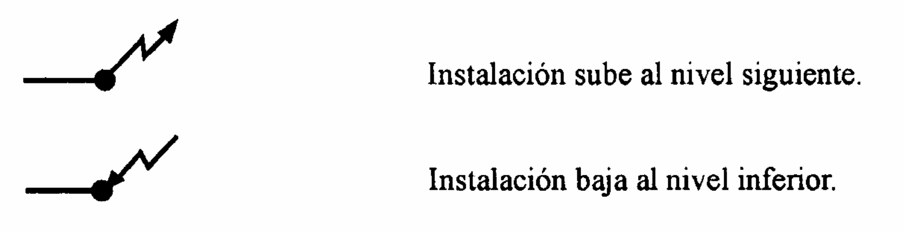
D) ELEMENTOS GENERALES DE CANALIZACIONES..

	Conduleta de paso recto.
	Conduleta de paso en ángulo.
	Conduleta de unión en T.
	Conduleta de unión en cruz.
J	Cajetín fundido, paso recto con conexiones roscadas.
J	Cajetín fundido, de unión en T.
J	Cajetín fundido, paso en ángulo

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
J	Cajetín fundido de unión en cruz.
J	Cajetín de paso.
J axbxc	Caja de paso.
X - Y	Tanquilla.
X - Y	Sótano.
X - Y	Caseta.
	Cabezote de entrada

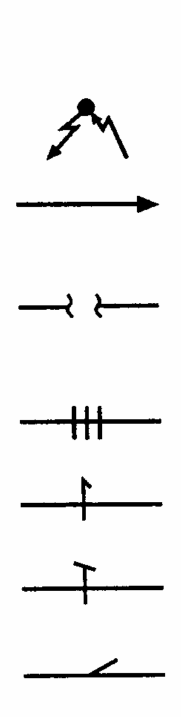
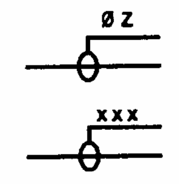
E) ALAMBRADO Y CANALIZACION.

	Instalación embutida en techo o pared.
	Instalación a la vista.
	Instalación embutida en piso o subterránea



Instalación sube al nivel siguiente.

Instalación baja al nivel inferior.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
	Instalación sube y baja a otros niveles.
	Instalación directa al tablero de origen del circuito.
	Indica que la instalación es continua, la interrupción se hace por claridad de dibujo.
	Indicación de conductores monopolares.
	Indicación " neutro" (blanco).
	Indicación "tierra" (verde).
	Indicación (opcional) del activo controlado (retorno).
# Y	Indicación de la cantidad "n" y calibre "Y" de conductores sencillos.
# n x Y	Indicación de la cantidad "m" de cables multiconductores de calibre "Y".
m#(n x Y + Nl x Y' + Tq x Y'')	Indicación de la cantidad "m" de cables multiconductores compuestos por: "n" conductores de fase de calibre "Y", más "L" conductores de neutro de calibre "Y", más "q" conductores de tierra de calibre "Y".
	Instalación del tamaño comercial nominal (Z) del tubo.
	XXX: Código de referencia del circuito.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN
x	Bandeja para cables, "X" indica el tipo de bandeja.
X Y	Indicación de cambio de tipo de bandeja "X" e "Y" indica el tipo de bandeja
h=x h=y	Indicación de cambio de nivel de bandeja para cables; "X" e "Y" indica altura.
	Indicación de cruce de bandejas a niveles diferentes.
	Conexión "T" de bandejas.
	Conexión "X" de bandejas.
X	Ducto de barras "X".
h=x h=y	Indicación de cambio de nivel para ducto de barras "X" e "Y" indican altura.
X Y	Indicación de cambio de tipo de ducto de barras "X" e 'y" indican el tipo de ducto.
	Conexión "X" en ductos de barras.
X3 X2 X1	Ducto de piso y caja de unión.
	Indicación de las salidas, en sistemas de ductos de piso.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN

F) TABLEROS, CONTROL, PROTECCIÓN Y MANIOBRA.

Símbolo	Descripción
	Tablero para circuitos ramales de alumbrado y artefactos.
	Tablero para propósitos diferentes.
	Panel de control, embutido en pared.
	Protección individual, en caja embutida en pared a ras.
	Controlador (Contacto arrancador).
	Controlador con reloj de mando (Control horario CH).
CCM-	Centro de control de motores.
CDE-	Cuadro de distribución eléctrica.
CMA-	Cuadro de distribución de alta tensión autosoportado.
SEC-	Representación de sub-estación compacta.
	Estación de mando manual.
M	Gabinete de contadores de electricidad
P	Gabinete o caja de protecciones de acometida.
DT	Indicador de detector de tierra.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN

G) EQUIPO ELÉCTRICO EN PLANTA.

	Trasformador de medida.
TT TC	TT: Tensión TC: Corriente.
	Transformador de potencia.
C M G	Máquina eléctrica C: convertidor, M: motor G: Generador.
M G	Grupo moto generador.
	Banco de baterías de acumuladores.
	Banco de condensadores.
	Equipo de rectificación.
	Pararrayo de descarga.

H) SISTEMA DE TIERRA Y PARARRAYO ATMOSFÉRICO.

	Electrodo de puesta a tierra. El tipo se identificará mediante la letra P: placa, B: barra.
	Empalme de conexión recta.
	Empaque de conexión derivación.
	Empalme de conexión cruz.
	barra de conexión a tierra.
	Punta pararrayos.

APÉNDICE C

PLANOS DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS Y COMUNICACIONES PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR , CATEGORÍA Nº 1

PLANOS DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIONES

Al final de este texto en forma separada, se presentan los planos correspondientes al ejercicio desarrollado en el Capítulo N° IX, sección N° 9.10.3 para una Vivienda unifamiliar residencial de lujo. Categoría N° 1.

En el primero se representan todos los servicios eléctricos tales como: puntos de iluminación, tomacorrientes de uso general y especial, con sus respectivos circuitos alimentadores. Ubicación del tablero general, medidor y acometida eléctrica.

En el segundo se indican los servicios de comunicaciones tales como: teléfonos, antena de televisión, intercomunicador y sonido.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

CADAFE. Reglamento de Servicio. **2da. ed. Caracas, 1978, Pp. 52.**

C. A LA **ELECTRICIDAD DE CARACAS y C. A LUZ ELÉCTRICA DE VENEZUELA.** Manual para el Diseño de Instalaciones Eléctricas en Residencias. **Sa. ed. Caracas, 1974. Pp.117.**

CODELECTRA. Código Eléctrico Nacional 1981. **Caracas, Ediciones Magicolor, C.A., 1981, Pp. 988.**

- Código Nacional de Seguridad en Instalaciones de Suministro de Energía Eléctrica y de Comunicaciones 1976. Caracas, 1976. Pp. 265.

CUYAS, **Arturo.** Appleton's New Cuyas Dictionary. **lla. ed. México, Editorial Cumbre, S.A., 1966. Pp. 698.**

HARPER ENRIQUE, Gilberto. Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales. **México, Editorial Limusa, 1980. Pp. 463.**

KNOWLTON ARCHER E. Manual "Standard" del Ingeniero Electricista. **Barcelona - España. Editorial Labor Reimpresión, 1962. Tomo II P. 17-305.**

ROBB, Luis A. Engineer's Dictionary. **México, Compañía Editorial Continental, S.A., 1966. Pp. 664.**

SINGER, FRANCISCO L. Tratado de Instalaciones Eléctricas. **5a. ed. Buenos Aires, Editorial Hispano American S.A., 1975. Pp. 368.**

SOBREVILA, Marcelo A. Instalaciones Eléctricas. **Buenos Aires, Ediciones Morymar S.A., 1975. Pp. 280.**

SPITTA, Alberto. Instalaciones Eléctricas. Madrid, Editorial Dossat S.A., 1981. Tomo I, Pp. 866. Título original: Elektrische Installationstechnik. Gunter Seip, redactor.

VENEZUELA, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. Dirección de Edificios. Manual de Normas y Criterios para proyectos de Instalaciones Eléctricas. **III Tomos. Caracas, 1968. Pp. 412-246 y** ***557.***

CATÁLOGOS Y FOLLETOS:

BUSSMAN MFG. DIVISIÓN McGRAW-EDISON COMPANY. A Simple Approach to Short Circuit Calculations. **Bulletin EDP-1. St. Louis, Missouri, 1968. Pp. 46.**

- Fusetron. Fusibles de Doble - Elemento. **Boletín FIS-E. St. Louis, Missouri (s.f.) Pp. 15.**

- Ground Fault Protection. St. Louis, Missouri (s.f). **Pp. 22.**

- Low-Peak. Fusible de Doble - Elemento. **Boletín LP-R K I - E. St. Louis, Missouri (s.f). Pp. 11**

- Motor Protección Against Single Phassing. **Boletín P.S P. St. Louis Missouri (s.f) P.p 11.**

- Selective Coordination of Overcurrent Protective Devices For Low Voltage Systems. **St. Louis, Missouri. 1969. Pp. 31.**

CADAFE. Normas de Distribución de Redes Subterráneas. **Caracas, 1979. Pp. 562.**

CANABAL, Carlos. Criterios para el Diseño de Proyectos Eléctricos. **(1er. Simposium sobre Instalaciones Eléctricas) Caracas, CODELECTRA, 1980, Pp. 26.**

HARMAN, Thomas L. y **Charles E. Allen.** Guide to The National Electrical Code. **New Jersey, Prentice-Hall, Inc. 1981. Pp. 388.**

MULLIN, Ray C. Electrical Wiring Residential. **New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1981. Pp. 280.**

NARANJO, Alberto. Sistemas de Distribución Eléctrica (s.n.e) **Pp. 143.**

RAMÍREZ VÁSQUEZ, José. 101 Esquemas de Instalaciones de Viviendas. **Barcelona - España, Ediciones Ceac, S.A., 1980. Pp. 210.**

- Instalaciones Eléctricas Interiores I - Conductores / Acometidas / Instalaciones de Contadores. **Barcelona - España, Ediciones Ceac, S.A., 1975. Pp. 179.**

RAICHELER, Zwi y **Alfredo Herrera.** Sistema de Detección y Alarmas contra Incendio. **(1er. Simposium sobre Instalaciones Eléctricas). Caracas, CODELECTRA, 1980. Pp. 62.**

SAUNDERS, B.E., GEC-Henley Ltd. Técnicas Modernas para el Empalme de Cables para la Distribución Subterránea. **(Seminario AngloVenezolano sobre electricidad) Caracas, Febrero, 1976. Pp. 24.**

- Instalaciones Eléctricas Interiores. II - Elementos de Montaje. Clases de Instalaciones. **Barcelona - España, Ediciones Ceac, S.A., 1975. Pp. 213.**

- Instalaciones Eléctricas (II). **10a. ed. Barcelona - España, Ediciones Ceac, S.A., 1971. Pp. 382.**

CROUSE-HINDS COMPANY. Electrical Equipment for Hospitals. **Bulletin 2773. New York (s.f) Pp. 16.**

GOULD AN ALECTRICAL ELECTRONIC COMPANY.
I-T-E XL - Universal Bus Duct. **Bulletin 5.3.2 1-B. Rolling Meadows, Illinois (s,f). Pp. 38.**

INDUSTRIA DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS C.A. (ICONEL). Catálogo de Cables Eléctricos. **Caracas, (s.f). Pp. 88.**

NARANJO, Alberto. Proyectos y Normas en Instalaciones Eléctricas. **(1er. Simposium sobre Instalaciones Eléctricas). Caracas, CODELECTRA, 1980. Pp. 16.**

SHRIVER John P. " Exotermic Welding of electric connections". Electrical Construction And Maintenance (EC&M) **Vol. 82** N° 5, **New York, McGRAW-HILL PUBLICATION, Mayo de 1983.**

SIEMENS, S.A. Cortocircuitos Fusibles Diazed y Silized. **Madrid, (s.f) Pp. 16.**
- Interruptores Diferenciales S F J, para 40 A y 63 A, I F N 30 m A, 0,3 A; 0,5 A. **Caracas. (s.f) Pp.** 7.

- Los peligros de la Electricidad. Normas para el Empleo y la Instalación de los Interruptores de protección por corriente de Defecto. **Madrid. 1973. Pp. 25.**

VENEZUELA, MINISTERIO DE FOMENTO. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (COVENIN). Norma Venezolana: Tensiones Normalizadas. COVENIN 159-81. Caracas, CODELECTRA, 1981. Pp. 7.

- Norma Venezolana: Vocabulario de Conductores, Alambres y Cables para usos Eléctricos. (COVENIN 553-81). Caracas, CODELECTRA, 1981. Pp. 12.

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION. How to Calculate Fault Currents. (s.n.e). Pp. 40.

WESTINGHOUSE DE VENEZUELA S.A PRODUCTOS ELÉCTRICOS WESTINGHOUSE, S.A. Catálogo Técnico. **Caracas, (s.f) Pp. 125.**

Diseño y Diagramación por:
Pinta Graphic de Venezuela C.A.
Larissa M. Penissi Parra - Carla A. Caldera Cartaya
La impresión de este libro se realizó en los talleres
Gráficos de Editorial Melvin C.A.
Boleita Sur Caracas - Venezuela
Agosto 2001

Canalizaciones Eléctricas Residenciales

SEPTIMA EDICION

OSWALDO PENISSI